

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Puca Shungo con la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal a diferentes dosis de fertilización edáfica en el Centro experimental San Francisco – cantón Huaca”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniera en Agropecuaria

AUTORA: Benavides Nazamues Geovanna Micaela

TUTOR: Ing. Jácome Sarchi Guillermo Alexander MSc.

Tulcán, 2025.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Benavides Nazamues Geovanna Micaela con el número de cédula 0450144951 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Puca Shungo con la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal a diferentes dosis de fertilización edáfica en el Centro experimental San Francisco – cantón Huaca"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva



MSc. Jácome Sarchí Guillermo Alexander

TUTOR

Tulcán, junio de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Benavides Nazamues Geovanna Micaela con cédula de identidad número 0450144951 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Micaela Benavides

Benavides Nazamues Geovanna Micaela

AUTORA

Tulcán, junio de 2025

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Benavides Nazamues Geovanna Micaela declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Puca Shungo con la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal a diferentes dosis de fertilización edáfica en el Centro experimental San Francisco – cantón Huaca" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Micaela Benavides", is written over a horizontal line.

Benavides Nazamues Geovanna Micaela

AUTORA

Tulcán, junio de 2025

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por ser la fuente de fortaleza, inspiración y guía en cada paso de este camino, por darme la fuerza y sabiduría de poder finalizar gratamente mi carrera universitaria.

A mis padres, Ramiro Benavides y Rosa Nazamues, por su amor incondicional, apoyo constante y por inculcar en mí valores y principios que han sido fundamentales en mi formación. Gracias por su paciencia, sacrificios y por creer siempre en mí.

A mis hermanas, Tatiana Benavides y Lizbeth Benavides, por su compañía, comprensión y por brindarme ánimo en los momentos difíciles. Su cariño y apoyo han sido un pilar importante durante este proceso.

De igual manera agradezco a mi tutor, MSc. Guillermo Jácome, por su paciencia, conocimientos y orientación durante la elaboración de este trabajo de investigación. Su asesoría ha sido invaluable para la realización de este trabajo con éxito.

Benavides Nazamues Geovanna Micaela

DEDICATORIA

A Dios, por ser la fuente de fortaleza, inspiración y guía en cada paso de este camino, por darme la fuerza y sabiduría de poder finalizar gratamente mi carrera universitaria. Dedico este triunfo con todo mi corazón a mis queridos padres, Ramiro Benavides y Rosa Nazamues, que han sido mi mayor motivación, gracias por su amor incondicional, apoyo y sacrificios que me han guiado hasta aquí. Su ejemplo y confianza han sido mi inspiración en cada paso de este camino. Gracias por confiar en mí, por sus palabras de aliento. Este logro es tanto suyo como mío, es un reflejo del trabajo constante y dedicación. Los llevo siempre en mi corazón y en cada logro alcanzado.

Benavides Nazamues Geovanna Micaela

ÍNDICE

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
I. EL PROBLEMA	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. Objetivo General	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	19
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	19
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. Cultivo de papa.....	24
2.2.1.1. Importancia	24
2.2.1.2. Clasificación Taxonómica	25
2.2.1.3. Fenología de la papa	25
2.2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos.....	26
2.2.1.5. Plagas y enfermedades.....	26
2.2.1.6 Variedades de papa.....	27
2.2.1.7. Variedades cultivadas en Ecuador.....	27
2.2.2 Variedad Puca Shungo.....	28

2.2.2.1. Características morfológicas	29
2.2.3. Fertilización química	29
2.2.4. Microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCV)	29
2.2.4.1. Micorrizas	29
2.2.4.2. RESID HC	30
2.2.5. Bacterias fijadoras de nitrógeno	30
2.2.5.1. BlueN	31
III. METODOLOGÍA	32
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	32
3.1.1. Enfoque	32
3.1.2. Tipo de Investigación	32
3.2. HIPÓTESIS	32
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	33
3.3.1. Definición de las variables	33
3.3.2. Operacionalización de las variables	34
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	36
3.4.1. Área de estudio	36
3.4.2. Tratamientos del diseño experimental	36
3.4.3. Características del diseño experimental.....	37
3.4.4. Distribución y características del experimento	37
3.4.5. Población y muestra de la investigación	38
3.4.6. Procedimientos.....	38
3.4.7. Variables evaluadas.....	40
3.4.7.1. Altura de la planta.....	40
3.4.7.2. Número de tallos.....	40
3.4.7.3. Diámetro de tallos.....	40

3.4.7.4. Número de tubérculos por categoría.....	41
3.4.7.5. Peso de tubérculos por categoría.....	41
3.4.7.6. Peso parcela neta	41
3.4.7.7. Rendimiento.....	41
3.4.7.8. Análisis costo - beneficio.....	41
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1. RESULTADOS	43
4.1.1. Altura de la planta.....	43
4.1.2. Número de tallos.....	44
4.1.3. Diámetro de tallos.....	46
4.1.4. Número de tubérculos	47
4.1.5. Peso parcela neta	50
4.1.6. Peso de tubérculo por categorías	51
4.1.7. Rendimiento.....	52
4.1.8. Análisis costo-beneficio.....	55
4.2. DISCUSIÓN	56
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. CONCLUSIONES.....	59
5.2. RECOMENDACIONES.....	60
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la planta.....	25
Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de papa.....	26
Tabla 3. Plagas y enfermedades del cultivo de papa.....	27
Tabla 4. Variedades nativas en Ecuador	27
Tabla 5. Características de la variedad Puca Shungo.....	29
Tabla 6. Operacionalización de las variables.....	34
Tabla 7. Descripción de tratamientos	36
Tabla 8. Características de la unidad experimental	37
Tabla 9. Análisis de varianza para la altura de planta (40, 47, 61, 75, 80 días).....	43
Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para la altura de planta (40, 47, 61, 75, 80 días)	44
Tabla 11. Análisis de varianza para número de tallos (40, 47, 61, 75, 80 días)	45
Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% para número de tallos, Factor porcentaje de fertilización (40, 47, 61, 75, 80 días)	45
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para número de tallos, Factor microorganismos (40, 47, 61, 75, 80 días)	46
Tabla 14. Análisis de varianza para diámetro de tallos (40, 47, 61, 75, 80 días)	46
Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de tallos (40, 47, 61, 75, 80 días)	47
Tabla 16. Análisis de varianza para número de tubérculos (160 días).....	48
Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para el número de tubérculos categoría 1	48
Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para el número de tubérculos categoría 2	49
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para el número de tubérculos Parcela Neta.....	49
Tabla 20. Análisis de varianza para Peso parcela neta (160 días)	50
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para Peso parcela neta	51
Tabla 22. Análisis de varianza para Peso de tubérculos (160 días)	51
Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% para Peso de tubérculos.....	52
Tabla 24. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo (160 días)	53
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para rendimiento del cultivo unidad experimental	54
Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento del cultivo por hectárea	54
Tabla 27. Análisis costo/beneficio para el cultivo de papa variedad Puca Shungo ..	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivo de papa Variedad Puca Shungo	28
Figura 2. Resid HC.....	30
Figura 3. BlueN	31
Figura 4. Ubicación geográfica del terreno	36
Figura 5. Distribución de tratamiento	37
Figura 6. Muestra de la investigación	38
Figura 7. Preparación del terreno	70
Figura 8. División de parcelas	70
Figura 9. Siembra	70
Figura 10. Desinfección	70
Figura 11. Insumos	70
Figura 12. Fertilización	70
Figura 13. Microorganismos	70
Figura 14. Variedad de papa	70
Figura 15. Cosecha	70
Figura 16. Peso del tubérculo	70
Figura 17. Peso categorías	70

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.....	65
ANEXO 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	66
ANEXO 3. Costos de producción.....	68
ANEXO 4. Análisis de suelo.....	69
ANEXO 5. Proceso experimental.....	70
ANEXO 6. Costos de producción por hectárea	71
ANEXO 7. Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad de varianzas....	72
ANEXO 8. Script para realizar el análisis estadístico en R Studio de un DBCA con arreglo factorial 4x3.....	73

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Puca Shungo con la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal a diferentes dosis de fertilización edáfica. Se realizaron combinaciones de micorriza Resid Hc y la bacteria fijadora de nitrógeno BlueN con diferentes niveles de fertilización edáfica (0%, 75% y 100%), los cuales se evaluaron en el desarrollo fenológico y rendimiento del cultivo. Los resultados mostraron que el tratamiento más efectivo en cuanto al desarrollo fenológico del cultivo fue una fertilización al 100% en interacción con Resid Hc, logrando una altura de la planta de 96,56 cm, un número de tallos de 11, un diámetro de tallo de 8.44 mm, en cuanto al rendimiento del cultivo el tratamiento más eficaz fue una fertilización al 100% en interacción con Resid Hc y BlueN, logrando un promedio de 21 tubérculos por planta y un rendimiento de 18,236 kg/ha. Además, una fertilización al 75% en interacción con Resid Hc y BlueN, también obtuvo un buen rendimiento de 16.859 t/ha, logrando una reducción en la fertilización del 25%. La inversión generó un beneficio directo de 2.20 y 2.13 dólares por cada dólar invertido respectivamente, consolidándose como la alternativa más eficiente y rentable para el manejo del cultivo. Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal, como Resid Hc y BlueN, combinados con una fertilización adecuada, mejoran la fisiología, crecimiento y rendimiento de los cultivos. La investigación destaca la importancia de enfoques integrados y tecnológicos en la agricultura para incrementar la producción y reducir el impacto ambiental, ofreciendo soluciones innovadoras ante los desafíos actuales.

Palabras Claves: Puca Shungo, microorganismos, fertilización, Resid Hc, BlueN, rendimiento.

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the performance of the potato crop (*Solanum tuberosum*), variety Puca Shungo, with the application of plant growth-promoting microorganisms at different levels of soil fertilization. Combinations of the mycorrhiza Resid Hc and the nitrogen-fixing bacterium BlueN were used with different levels of soil fertilization (0%, 75%, and 100%), and their effects on phenological development and crop yield were evaluated. The results showed that the most effective treatment for the phenological development of the crop was 100% fertilization combined with Resid Hc, achieving a plant height of 96.56 cm, 11 stems, and a stem diameter of 8.44 mm. In terms of crop yield, the most effective treatment was 100% fertilization in combination with Resid Hc and BlueN, achieving an average of 21 tubers per plant and a yield of 18.236 tons/ha. Additionally, a 75% fertilization level combined with Resid Hc and BlueN also achieved a good yield of 16.859 tons/ha while allowing a 25% reduction in fertilization. The investment generated a direct return of \$2.20 and \$2.13 per dollar invested, respectively, establishing it as the most efficient and profitable alternative for crop management. Plant growth-promoting microorganisms, such as Resid Hc and BlueN, combined with proper fertilization, improve crop physiology, growth, and yield. This research highlights the importance of integrated and technological approaches in agriculture to increase production and reduce environmental impact, offering innovative solutions to current challenges.

Keywords: Puca Shungo, microorganisms, fertilization, Resid Hc, BlueN yield.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa es considerado como uno de los cultivos más importante a nivel mundial, así como, uno de los alimentos básicos de consumo regular. Este cultivo se presenta como una alternativa sostenible debido a que produce un menor impacto ambiental a comparación a otros cultivos. China se ha convertido en el primer productor mundial de papa con una aportación del 22% de la producción mundial equivalente a 94,4 millones de toneladas (Cortéz, 2023).

Del grupo de los tubérculos a nivel global la papa se posiciona en el primer lugar tanto en producción como en importancia y seguridad alimentaria, debido a que aportan una fuente de hidratos de carbono que proporcionan un alto contenido de fibra, además de su aporte de cobre, potasio, fósforo, hierro y hasta un 50% en vitamina C, de igual manera son ricas en nutrientes y antioxidantes los cuales producen una menor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (Almedia, 2020).

En Ecuador la papa es considerada el segundo cultivo más importante después del maíz, cultivándose en su mayoría en la región Sierra, se cultiva en las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Carchi, siendo este último el mayor productor del país con aproximadamente 46%. Existen gran cantidad de variedades entre las más conocidas están la Chola, Gabriela, y Chaucha y las que destacan por su corazón morado son la Yana Shungo, Puca Shungo y Leona negra (Reina, 2024).

La variedad INIAP Puca Shungo es considerada como una papa nativa andina del Ecuador, esta variedad se distingue por su piel que presenta tonos que van del rojo al morado, su pulpa de color crema y lo más llamativo es su médula de color morado, debido a la presencia de antocianinas que ofrecen propiedades antioxidantes naturales, además de contener hierro, zinc y niveles elevados de proteína, se recomiendan altitudes de entre 3000 y 3300 msnm. En términos de rendimiento, puede producir entre 8.9 y 27.4 t/ha. Además, fue considerada apta para la industria. Por otro lado, fue identificada como una de las variedades con preferencias en hoteles y restaurantes gourmet los cuales se interesaron por sus colores llamativos y su buen sabor (Monteros, 2020).

La fertilización es fundamental para el desarrollo de los cultivos, y en el mercado se pueden encontrar diversos tipos de fertilizantes. Su principal ventaja es suministrar los nutrientes que faltan en el suelo, lo que favorece el crecimiento y la productividad de las plantas (Dove, 2019). Los fertilizantes se dividen en químicos y biofertilizantes. Los fertilizantes químicos son producidos por industrias y tienen orígenes minerales, vegetales, animales o sintéticos, siendo los principales minerales utilizados el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Dove, 2019).

Los microorganismos benéficos o también conocidos como promotores del crecimiento vegetal (MPCV) como *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, el cual es un hongo micorrízico y las bacterias fijadoras nitrógeno como *Methylobacterium symbioticum* SB23, desempeñan un papel fundamental en la agricultura, ya que ayudan a mantener la calidad del suelo, así mismo ayuda a mejorar la productividad de los cultivos. Los microorganismos como bacterias, hongos, ayudan de manera eficaz al crecimiento saludable de las plantas, al igual que se encargan de proteger de plagas y enfermedades. Estos microorganismos ayudan a la asimilación y absorción de nutrientes, por esta razón son concurrentes en casi todos los grupos de plantas (Sembraria, 2022).

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Puca Shungo con la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal a diferentes dosis de fertilización edáfica en el Centro experimental San Francisco – cantón Huaca. Se analizaron combinaciones de Resid Hc y BlueN en tres niveles de fertilización edáfica (0%, 75% y 100%), con el propósito de identificar la interacción más eficiente en términos de desarrollo fenológico, rendimiento y rentabilidad. Los resultados obtenidos buscan ofrecer conocimientos técnicos valiosos para los productores agrícolas, fomentando métodos de cultivo sostenibles que incrementen la eficiencia, minimicen los efectos negativos en el medio ambiente y contribuyan al desarrollo económico local.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial el cultivo de papa es considerado uno de los cultivos más importantes, después del arroz y el trigo. En la actualidad se ha incrementado la explotación del cultivo de papa debido a la fuerte demanda de la población por lo que los principales productores han tomado como solución, la siembra de papas mejoradas y el uso excesivo de fertilizantes para así aumentar la producción del cultivo y de tal manera satisfacer las necesidades de la población, dejando atrás las variedades de papa nativa debido a su baja producción y rendimiento del cultivo (PNIA, 2019).

En Ecuador el cultivo de papa generalmente se produce en la región sierra teniendo un mayor crecimiento en las provincias del Carchi, Tungurahua y Chimborazo, a pesar de que en el país existe una gran variedad de papas nativas en la actualidad se ve amenazada debido a su baja producción y rendimiento, es por ello que los agricultores optan por cultivar variedades mejoradas y hacer un uso excesivo de fertilizantes para poder incrementar la producción del cultivo ya que es la mejor alternativa para la economía en dichas provincias (INIAP I. N., 2020).

A nivel de la provincia del Carchi, los principales cantones productores de papa son Huaca y Montufar, siendo la papa uno de los principales cultivos con mayor demanda en la provincia. Las variedades de papa nativa han dejado de ser cultivadas debido a su baja producción y rendimiento lo que en su momento trajo como consecuencia para los agricultores grandes pérdidas económicas debido a ello han optado por cultivar papa mejora haciendo uso de fertilizantes para aumentar la producción de estos (MAG, 2020).

En Tulcán, el cultivo de papa es la principal fuente de ingresos de muchos de los agricultores por lo que buscan que sus cultivos sean de buena calidad y tengan un buen rendimiento, es por ello que se ha venido utilizando fertilizantes en mayor cantidad, esto ha llevado que las variedades de papa nativa se hayan dejado en el olvido debido a su

baja producción y rendimiento puesto que la mayoría de la población busca de cierta manera mejorar cada vez más la producción de sus cultivos para garantizar su economía (MAG, 2020).

El desconocimiento por parte de muchos agricultores sobre la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en los cultivos representa una barrera significativa para la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes. A pesar de los beneficios que ofrecen estos microorganismos, como el aumento en la disponibilidad de nutrientes, la mejora en la resistencia a plagas y enfermedades, y la reducción del uso de agroquímicos, la falta de información y capacitación limita su utilización. Esta situación puede deberse a la escasa difusión de conocimientos, a la desconfianza en tecnologías emergentes o a la falta de acceso a productos especializados. Como resultado, muchos agricultores continúan confiando en métodos tradicionales, sin aprovechar las ventajas que una adecuada aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal podría brindarles en términos de productividad de los cultivos y cuidado del medio ambiente (Juárez, 2025).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La reducción en la producción de las variedades nativas se atribuye a su menor rendimiento y rentabilidad en comparación con las variedades mejoradas. Como resultado, los agricultores han optado por cultivar estas últimas, lo que ha provocado un aumento considerable en el uso de fertilizantes para incrementar la producción y satisfacer la creciente demanda. Esta tendencia impacta de manera significativa la economía de los productores.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La papa fue uno de los principales alimentos de los incas hace más de 400 años, muchas de las variedades se han perdido en el transcurso del tiempo debido a su bajo rendimiento, para mejorar el rendimiento de este cultivo se implementó una alternativa mediante el uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCV) Resid Hc (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) y BlueN (*Methylobacterium symbioticum* SB23) para incrementar la producción y salud del cultivo, al igual que se buscó reducir de una manera significativa el uso de fertilizantes (Cevallos, 2018).

La papa nativa posee grandes beneficios tienen componentes como el hierro y el zinc y mejores niveles de proteínas ya que no han pasado por procesos de mejoramiento genético (Monteros, 2020), lo que beneficia a la salud de los consumidores por ello se pretende aumentar la producción del cultivo y de esta manera se vea beneficiado su desarrollo dentro del sector agrícola, además de que estaremos rescatando la tradición de nuestro país. La variedad Puca Shungo también conocida como "Corazón Rojo" posee grandes beneficios presenta un sabor más agradable al paladar además de tener un alto contenido energético, son ricas en fibra, contenido bajo en grasa, antioxidantes naturales, al igual que ayuda a prevenir enfermedades cardiacas y respiratorias, con un contenido total de polifenoles en peso seco de aproximadamente 640 mg/100g a comparación de las papas regulares. (Monteros, 2020)

Entre los microorganismos (MPCV) están las micorrizas Resid Hc (*Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*), estas aumentan el rendimiento de los cultivos en un 30%, mejorando la salud del cultivo y del suelo (CREAA, 2020). Mientras que BlueN (*Methylobacterium symbioticum*), convierte el nitrógeno atmosférico durante toda la temporada de cultivo, facilitando un flujo constante de nitrógeno y un considerable ahorro energético para la planta, estos microorganismos permiten la reducción y la dependencia de la absorción de nitrógeno del suelo y de los fertilizantes (Symborg, 2020).

En la actualidad tanto la producción como el consumo del cultivo de papa nativa es bajo, por lo que se pretendió con la investigación contribuir a los agricultores con una nueva alternativa en el manejo del cultivo, no solo en lo que respecta al rendimiento si no también en la reducción del uso de fertilizantes ya que ayudaríamos con un pequeño porcentaje el evitar la degradación del suelo y así potenciar el mercado con un producto de calidad y más rentable (Arcos, 2021).

Con esta alternativa se buscó apoyar al sector agrónomo y a que se conozca cuáles son los beneficios de optar por un tipo de cultivo más sustentable y que hará tanto del cantón como de la provincia conocedores de un cultivo que se puede producir e impulsar en este sector, que además servirá de fuente de trabajo para la población, será un cultivo rentable ya que bajo las condiciones de producción que se implementaran se asegurara tanto la salud del agricultor como la del consumidor.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Puca Shungo con la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal a diferentes dosis de fertilización edáfica en el Centro experimental San Francisco – cantón Huaca

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la influencia de la fertilización edáfica y la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en el desarrollo fenológico del cultivo de papa variedad Puca shungo (*Solanum tuberosum*).
- Determinar la influencia de la fertilización edáfica y la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en el rendimiento del cultivo de papa variedad Puca shungo (*Solanum tuberosum*).
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

1.4.3. Preguntas de Investigación

¿De qué manera la fertilización edáfica y la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal influyen en el desarrollo fenológico del cultivo de papa variedad Puca Shungo (*Solanum tuberosum*)?

¿De qué manera la fertilización edáfica y la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal influyen en el rendimiento del cultivo de papa variedad Puca Shungo (*Solanum tuberosum*)?

¿Según el análisis económico, cuál de los sistemas resulta más rentable?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Lastra y Paucar (2023), evaluaron el efecto de la aplicación foliar del Blue-N (*M. Symbioticum* SB23), en la producción sostenible de papa (*Solanum Tuberosum* L.) cv. Única. Se implementó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) donde se estableció 3 bloques y 6 tratamientos los cuales están integrados por un testigo absoluto T0 (0% NPK- 0% BlueN), un testigo relativo T5 (100% NPK- 0% BlueN) y 4 tratamientos integrados por: T1 (Blue-N 80g), T2 (Blue-N 140g), T3 (Blue-N 200g), T4 (Blue-N 250g), a los cuales se les aplicó una fertilización edáfica al 100%. Blue-N (*M. Symbioticum* SB23) se la aplicó a los 14 y 51 dds. Los parámetros que se evaluaron fueron la altura (cm), el número de tallos, el diámetro de tubérculos (mm), número de tubérculo/planta, el peso de tubérculos/planta (g) y finalmente el rendimiento total y comercial (t/ha). Los resultados obtenidos mostraron que el tratamiento 4 (BlueN 250 g/200 L) con una fertilización edáfica al 100% presentó efectos significativos sobre el cultivo, mostrando excelentes resultados para las variables de altura de planta con un promedio de 56.27 cm, N° de tallos con un promedio de 4.00 tallos por planta, N° de tubérculos/planta promedio de 15.73 tubérculos, Peso de tubérculo/planta con un promedio de 148.13 g y por último para el rendimiento del cultivo se obtuvo un promedio de 42.50 t/ha, a comparación del testigo relativo el cual obtuvo un rendimiento de 33.61 t/ha. Estos resultados sugieren que la presencia del microorganismo (*M. Symbioticum* SB23) influye de manera positiva en la producción sostenible del cultivo de papa.

Luna (2022), evaluó la aplicación al suelo de la inoculación micorrícica con dosis diferentes del hongo (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*), para la determinación de la productividad y calidad de la papa (*Solanum tuberosum* var. Super chola). Se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde se estableció 3 bloques y 3 tratamientos: T1 (6×10^6 ufc/m), T2 (6×10^{12} ufc/m), T3 (6×10^{18} ufc/m), las dosificaciones se realizaron tomando en cuenta la ficha técnica del producto a partir

de la cual se realizaron los cálculos correspondientes para establecer los distintos tratamientos, la aplicación se la realizó a la siembra.

Dentro de los parámetros se evaluaron la altura de planta, número de tallos/planta, diámetro de tallos/planta, contenido nutricional de la planta, contenido nutricional del tubérculo y el rendimiento (t/ha). Los resultados obtenidos muestran que el tratamiento T3 (6 X 10¹⁸ ufc /m) presentó efectos significativos sobre el cultivo, mostrando mayores resultados para las variables altura de planta (56.7 cm), número de tallos/planta (4.00), diámetro del tallos/planta (6.5 mm), contenido de nutrientes/planta dentro de la cual se encuentra dividido en contenido de nitrógeno (5.8 ppm), contenido de fósforo (0.5 ppm) y contenido de potasio (2.8 ppm), mientras que para la variable contenido nutricional del tubérculo la cual se divide en contenido de nitrógeno (2.10 ppm), contenido de fósforo (0.32 ppm) y contenido de potasio (2.64 ppm) y por último para la variable rendimiento el mejor tratamiento fue el T1(6 X 10⁶ ufc /m), el cual presentó buenos resultados sobre todo en primera categoría con un promedio de 20 t/ha. Estos resultados sugieren que la presencia del microorganismo (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) influye de manera positiva en la productividad y calidad de la papa.

Torres y Bernabé (2024), evaluaron la efectividad de *Methylobacterium symbioticum* en plantas de maíz y fresa. En el cultivo de maíz, se utilizó diferentes sustratos: sustrato de arena estéril, tierra de cultivo y fibra de coco, con una proporción de 3 plantas/contenedor, *Methylobacterium symbioticum* se aplicó a la etapa V4 en una dosificación de 1 x 10⁵ ufc (unidades formadoras de colonias) por planta, en interacción con una fertilización edáfica del 0%, 50%, 100% respectivamente. Para el cultivo de fresa se utilizó fibra de coco, *Methylobacterium symbioticum* se aplicó a la etapa de floración en una dosificación de 1 x 10⁵ ufc (unidades formadoras de colonias) por planta, en interacción con una fertilización edáfica al 0%, 50%, 75%, 100% respectivamente. Los parámetros evaluados para los dos cultivos fueron: cuantificación de *Methylobacterium symbioticum* en hojas (UFC/g), cuantificación actividad del nitrato reductasa, capacidad fotosintética/planta, rendimiento de los cultivos. Los resultados obtenidos para el cultivo de maíz mostraron que los tratamientos tratados con *Methylobacterium symbioticum* y una fertilización del 100% logro resultados favorables para: cuantificación de *Methylobacterium symbioticum* en hojas (3,33 × 10⁻³ ufc/g), cuantificación actividad

de la nitrato reductasa (27%), capacidad fotosintética/planta (21%) y para el rendimiento del cultivo generaron un 38,5% más de grano por planta que las plantas control, por el contrario, los resultados para el cultivo de fresa fueron: cuantificación de *Methylobacterium symbioticum* en hojas ($1,8 \times 10^4$ ufc/g), cuantificación actividad nitrato reductasa (13%), capacidad fotosintética/planta (8,8%) y presento un aumento en el rendimiento del cultivo del 32,6% a comparación de las plantas control. Demostrando la efectividad de la bacteria (*M. symbioticum*) para los cultivos, permitiendo una disminución de fertilización del 50% para el cultivo de maíz y el 25% para el cultivo de fresa en contraste con las plantas control (sin tratar).

Pérez y Revelo (2020), evaluaron el efecto de la inoculación de micorrizas (*Glomus cubenses* y *Glomus intraradices*) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays* L). Se implemento un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde se estableció 4 bloques y 3 tratamientos los cuales están integrados por un testigo absoluto T1 (*Z. mays* no inoculado) y 2 tratamientos integrados por T2 (*Z. mays* + *G. cubenses*), T3 (*Z. mays* + *G. intraradices*), tanto *G. cubenses* como *G. intraradices* se los aplico a la siembra en dosificaciones de 91 y 40 esporas g^{-1} respectivamente, mientras que la fertilización edáfica al 100% se la realizo a los 45 días después de la germinación. Los parámetros evaluados fueron: colonización micorrízica en las raíces (%), determinación del por ciento de densidad visual micorrízica (%), altura (cm), grosor del tallo (mm), acumulación de masa seca aérea y radical. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó Statgraphics, para la comparación de medias se utilizó Duncan con una significancia del 5% cuando el ANOVA dio resultados significativos. Los resultados obtenidos mostraron que el tratamiento el cual obtuvo mejores resultados fue el tratamiento 2 que consiste en *Z. mays* inoculado con *Glomus cubenses*, presentando mayor eficiencia logrando un incremento favorable en las variables: colonización micorrízica en las raíces (39.09%), determinación del por ciento de densidad visual micorrízica (0.96%), logró un incremento en la altura de 1.87 cm y el grosor del tallo de 0.90 mm, sin necesidad de fertilización edáfica durante los primeros 45 días después de la germinación, para la variable acumulación de masa seca aérea se obtuvo un valor de 1.801 y radical de 0.115 a diferencia de la planta control (no inoculado). Estos resultados sugieren que la presencia del microorganismo (*Glomus cubenses*) influye de manera positiva en el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz.

Sánchez (2024), evaluó el incremento del rendimiento en maíz con el uso de una bacteria fijadora de nitrógeno bajo diferentes dosis de fertilización y dos métodos de siembra. Se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde se estableció 4 bloques y 8 tratamientos los cuales están conformados por un testigo químico T8 (100% NPK) y 7 tratamientos integrados por T1 (50% fertilizante 300-24-20), T2 (50% fertilizante 100-24-20), T3 (75% fertilizante 350-24-20), T4 (75% fertilizante 50-24-20), T5 (Bacteria + fertilizante 200-24-20), T6 (100% fertilizante 20-24-20) Y T7 (100% fertilización 20-24-20 + Bacteria). Los métodos de siembra utilizados fueron en hileras y parcelas subdivididas. BlueN (*Methylobacterium symbioticum*) fue aplicada a la etapa V5 una cantidad de 27.7 gr con una concentración de 3×10^7 UFC/g por cada 15 L de agua, la aplicación de la fertilización edáfica se la realizó a la época de rebrote. Los parámetros evaluados fueron la altura de la planta (cm), altura de la mazorca (cm), acame de la raíz, acame de tallo, cobertura de mazorca, incidencia de enfermedades (%), número de plantas a la cosecha, peso de mazorcas (kg), rendimiento por hectárea (kg). Los resultados obtenidos mostraron que el tratamiento que obtuvo mejores resultados fue el T5 (Bacteria + fertilizante 200-24-20) mediante el método de siembra en hileras, logrando un incremento favorable en las variables: altura de la planta (237.94 cm), altura de la mazorca (124.56 cm), acame de la raíz (0.55), acame de tallo (0.50), cobertura de mazorca (12.88), incidencia de enfermedades (10.13%), número de plantas a la cosecha (34.31), peso de mazorcas (1.75 kg), rendimiento por hectárea (12058.38 kg). Estos resultados sugieren que la presencia del microorganismo (*M. Symbioticum*) influye de manera positiva en el rendimiento en maíz.

Tobar (2024), evaluó el rendimiento de la *Brassica spiffire* (Nabo) con la inoculación de hongos promotores del crecimiento vegetal. Se implementó un diseño de bloques completamente al azar, donde se establecieron 4 bloques y 14 tratamientos los cuales están integrados por un testigo absoluto T14 (0% NPK), un testigo químico T13 (100% NPK) y 12 tratamientos los cuales consisten en dosificaciones de fertilización edáfica al 0%, 50%, 75%, 100% en interacción con Micorrizas (Resid Mg) con una dosificación de 1 g/m² y Trichoderma (TrichoSym Bio) en una dosificación de 0,33 ml/m². La aplicación de Micorrizas (Resid Mg) se realizó a los 15 y 67 dds mientras que Trichoderma (TrichoSym Bio) se aplicó a los 21 y 74 dds. Los parámetros evaluados fueron la altura de planta (cm), el diámetro de tallo (mm), el número de hojas, el rendimiento (kg), contenido nutricional

(%) y finalmente un análisis costo beneficio (USD). Para el análisis estadístico se utilizó el programa Rstudio y para la comparación de medias se utilizó la Prueba de Tukey al 5%. Los datos obtenidos mostraron que el mejor tratamiento fue el tratamiento 9 con una fertilización al 100% en interacción con Resid MG y TrichoSym, este tratamiento logró un promedio de 102.38 cm para la altura de planta, para el diámetro del tallo se obtuvo un promedio de 20,54 mm, al igual que para el número de hojas con un promedio de 13,5 hojas, un incremento en el rendimiento de 2,27 kg/m², mientras que para el contenido nutricional con índices de: humedad de 89,28%, cenizas con un porcentaje de 12,88, extractos etéreos de 5,12%, proteína de 34,36%, fibra del 14,80% y elementos libres de nitrógeno con un porcentaje del 32,83% y por último con un beneficio de 3,94 dólares/dólar invertido. Estos resultados sugieren que la presencia de los microorganismos *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum* y *Trichoderma harzianum* influye de manera positiva en el rendimiento de la *Brassica spiffire* (Nabo).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cultivo de papa

La papa cuyo nombre científico es *Solanum tuberosum*, es un tubérculo comestible, cultivado para el consumo humano. Originaria de la región andina ubicada en América del sur, fue domesticada al sur de Perú y noroeste de Bolivia, debido a su amplia variedad y su capacidad de adaptarse a diferentes altitudes ha sido considerada uno de los cultivos alimenticios más importante a nivel global (Ernest, 2021). Es un cultivo, cuyas plantas pueden alcanzar hasta un metro de altura y comúnmente se emplea en rotación agrícola, además de ser un alimento básico, también es utilizada en la industria para producir diversos productos derivados (Dove, 2019).

2.2.1.1. Importancia

La papa es considerada el tercer cultivo más importante a nivel global después de los cultivos de arroz y el trigo. Actualmente el cultivo de papa es de gran importancia ya que contribuye al desarrollo económico y la sostenibilidad ya que genera ingresos al igual que empleos para los productores. La papa posee un gran valor nutricional, posee gran cantidad de vitaminas (C y B6) además de minerales como el potasio, carbohidratos y almidón. (SPDA, 2020).

Se caracteriza por:

- Produce mayor cantidad de tubérculos por unidad de área
- Facilidad a la hora de cultivar y almacenar
- Oportunidad económica en la industria ya que se puede procesar diferentes productos derivados de este tubérculo (Cobos Mora, 2022).

2.2.1.2. Clasificación Taxonómica

La papa pertenece a las siguientes categorías taxonómicas descritas en la Tabla 1:

Tabla 1. Taxonomía de la planta

Taxonomía	
Dominio	Eukaryota
Reino	Plantae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Especie	tuberosum

Fuente: (Inostroza, 2021)

2.2.1.3. Fenología de la papa

- Fase de emergencia o brotación

Esta etapa inicia tras la siembra de los tubérculos seleccionados para semilla, la brotación o emergencia depende en gran medida de las condiciones en las que se haya almacenado la semilla, de la variedad correspondiente y del estado en el que se encuentra. Durante este proceso, se producen una serie de cambios bioquímicos, que hacen que la semilla empiece a germinar, dando lugar a una nueva planta, este proceso inicia con el crecimiento de raíces seguido por el desarrollo de los tallos y hojas. (Benítez, 2018).

- Fase de crecimiento de brotes laterales

Esta fase inicia una vez que la plántula haya brotado, inicia el proceso fotosintético el cual es fundamental ya que provee la energía necesaria para el crecimiento de la planta, así como para la formación de tallos secundarios ramas, hojas y la expansión de estolones (Benítez, 2018).

- Fase de inicio de la tuberización

La planta continua su proceso de desarrollo vegetativo, mientras que en la parte inferior de la planta es decir en la zona radicular, se empiezan a formar tubérculos. Estos empiezan a desarrollarse en los estolones (Benítez, 2018).

- Fase de llenado de tubérculos

Coincide con la etapa de inicio de la floración. En esta fase, las células de los tubérculos comienzan a expandirse debido a que los tubérculos empiezan a acumular mayores cantidades de nutrientes, incluyendo la acumulación de agua, carbohidratos y otros compuestos, lo que favorece su crecimiento (Benítez, 2018).

- Fase de maduración

Es considerada la última fase del desarrollo de la planta, durante ella, la planta empieza a adquirir un color amarillento y eventualmente entre en senescencia. Es importante señalar que este proceso de cambio de color solo ocurre en algunas variedades (Benitez, 2018).

2.2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos

Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de papa

Tipo	Requerimiento
Temperatura	Raíces: entre 10–35 °C Follaje y estolones: entre 7 – 30 °C Iniciación de tubérculos: entre 15 – 20 °C
Luz solar	Al menos 6 horas diarias
Precipitación	350 a 650 mm
Altitud	2800 a 3500 msnm
Clima	Templados
Suelos	pH 5,5-7 de baja salinidad.
	Pendiente de 0 a 4%

Fuente: (INIAP I. N., 2020)

2.2.1.5. Plagas y enfermedades

En relación con las plagas y enfermedades de importancia económica se encuentran las siguientes:

Tabla 3. Plagas y enfermedades del cultivo de papa

PLAGA	DAÑO	ENFERMEDAD	DAÑO
Polilla de la papa (<i>Tecia solanivora</i>)	Minan hojas, tallos y perforan los tubérculos	Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	Causa lesiones acuosas en hojas, tallos débiles y pudrición del tubérculo.
Pulguilla saltona (<i>Epitrix</i>)	Causan lesiones en las hojas y tubérculos	Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>)	Borde marrón y centro de color más claro en las hojas.
Mosca minadora (<i>Liriomyza huidobrensis</i>)	Succionan savia, realizan galerías en el interior de las hojas.	Costra negra (<i>Rhizoctonia solani.</i>)	Produce pudrición del tubérculo y afecta a otras partes de la planta como: tallos y estolones.

Fuente: (Egúsquiza, 2023)

2.2.1.6 Variedades de papa

Se clasifican en dos grupos que son: nativas y mejoradas.

- Variedades nativas: son aquellas que tienen su origen en procesos ancestrales como la domesticación, selección y conservación.
- Variedades mejoradas: provienen de técnicas de mejoramiento genético, lo que les confiere un mayor rendimiento, resistencia a enfermedades y principalmente, una mejor calidad del tubérculo (Monteros, 2020).

2.2.1.7. Variedades cultivadas en Ecuador

Se calcula que en el Ecuador existen aproximadamente 350 variedades diferentes, aunque en los mercados predominan solo 14 de ellas las cuales son las más frecuentes. Estas variedades han sido seleccionadas por el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro Papa (PNRT-Papa) del INIAP (Monteros, 2020). Entre las variedades se encuentran:

Tabla 4. Variedades nativas en Ecuador

Nº	VARIEDAD
1	INIAP- Yema de huevo
2	INIAP - Coneja negra
3	INIAP - Suprema
4	INIAP - Puca shungo
5	INIAP - Yana shungo
6	INIAP - Chaucha colorada
7	INIAP- Uvilla
8	INIAP- Chola
9	INIAP- Dolores
10	INIAP- Calvache
11	INIAP- Tushpa
12	INIAP- Leona negra
13	INIAP- Bolona
14	INIAP- Santa rosa

Fuente: (Monteros, 2020)

2.2.2 Variedad Puca Shungo

INIAP Puca Shungo es considerada como una papa nativa andina del Ecuador, proveniente de la autofecundación de BOM 532 conocida comúnmente como Chaucha Camote proveniente de la provincia Imbabura, Cantón Ibarra. Esta variedad se distingue por su piel que presenta tonos que van del rojo al morado, su pulpa de color crema y lo más llamativo es su médula de color morado, debido a la presencia de antocianinas que ofrecen propiedades antioxidantes naturales, además de contener hierro, zinc y niveles elevados de proteína. Su ciclo de maduración oscila entre 145 y 165 días, dependiendo de la altitud en donde se encuentre, se recomiendan altitudes de entre 3000 y 3300 msnm. En términos de rendimiento, puede producir entre. Además, se considera una variedad resistente a enfermedades como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) que es conocido comúnmente como lanchara (Monteros, 2020).

INIAP - Puca Shungo, fue considerada apta para la industria, ingresando al mercado de las hojuelas fritas con características de procesamiento del 82,7%, fue desarrollado como un producto atractivo y de alta competencia como son las hojuelas fritas de colores manteniendo características diferentes a lo que ya se había observado comúnmente en el mercado. Por otro lado, fue identificada con un 76% como una de las variedades con preferencias en hoteles y restaurantes gourmet los cuales se interesaron por sus colores llamativos y su buen sabor (Monteros, 2020).



Figura 1. Cultivo de papa Variedad Puca Shungo

2.2.2.1. Características morfológicas

Tabla 5. Características de la variedad Puca Shungo

Características	Descripción
Morfológicas	<ul style="list-style-type: none">• Tallos: presencia de alas rectas (colores verdosos -manchas moradas)• Hojas: foliolos laterales e inter-hojuelas entre foliolos• Flores: color blanco con el envés lila.• Fruto: forma de bayas, contienen semillas• Tubérculo: tallos modificados, diferentes formas y tamaños• Verdeamineto: 30 – 40 días• Floración: 70 a 88• Días a la cosecha: 140 – 165 días
Agronómicas	<ul style="list-style-type: none">• Vigor: vigorosa• Altura: 0.90 – 1.20 cm• Nº tubérculos: 15 -25• Densidad de siembra: 40 cm entre planta y 100 cm entre surcos• Materia seca: 19.5 – 23.7%
De calidad	<ul style="list-style-type: none">• Proteína: 7 – 9%• Azúcares: 0.18 – 0.25%• Polifenoles: 189 – 230 mg/100g

Fuente: (Monteros, 2020)

2.2.3. Fertilización química

Esta práctica se lleva a cabo considerando el análisis del suelo y las necesidades nutricionales del cultivo, comenzando con la incorporación de la mitad de los insumos NPK durante la siembra mientras que la otra mitad se añade en el medio aporque. Según las recomendaciones del INIAP para la variedad Puca Shungo, en suelos con niveles intermedios, la fertilización sugerida es 100-200-80-30 kg/ha, que corresponde a N-P₂O₂-K₂O-S (INIAP I. N., 2020).

2.2.4. Microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCV)

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCV), que incluyen hongos y bacterias, son responsables de favorecer el crecimiento como la productividad de las plantas. Actúan de manera directa, facilitando la regulación de las fitohormonas y la absorción de nutrientes, además, ejercen un efecto indirecto al reducir la presencia de fitopatógenos. Tiene la capacidad de aumentar la disponibilidad y fijación de nutrientes esenciales, como la solubilización de fósforo, fijación de nitrógeno, resistencia sistemática, disponibilidad de nutrientes. (Pardo, 2020).

2.2.4.1. Micorrizas

Las micorrizas son fundamentales tanto para el crecimiento vegetal como también para la salud del suelo. Estas establecen una relación de cooperación entre los hongos y

raíces de las plantas, lo que permite un amplio beneficio para la planta promoviendo su incremento en el desarrollo manera satisfactoria (Vallejo, 2021).

2.2.4.1.1. RESID HC

Resid Hc, se produce a partir del hongo *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*, con una concentración de 30 propágulos por gramo de sustrato, la dosis recomendada es de 1.0 kg/ha su aplicación es directamente sobre la semilla la cual debe estar humedecida a razón de 1 a 2%, recubriéndola en su totalidad, se recomienda usar productos basados en *Trichoderma* spp ya que muestra una alta compatibilidad. Resid Hc genera una mayor cantidad de micorrizas a partir de las raíces de las plantas. Es considerado un bioestimulante, mejora la absorción, asimilación de nutrientes y minerales esenciales para las plantas, de igual manera favorece al crecimiento de la planta e incrementa los rendimientos agrícolas, ayuda a disminuir el uso de fertilizantes químicos, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles ya que su uso estabiliza el funcionamiento ecológico y la productividad de los ecosistemas (Symborg, 2020).



Figura 2. Resid HC
Fuente: (Symborg, 2022)

2.2.5. Bacterias fijadoras de nitrógeno

Las bacterias fijadoras de nitrógeno son organismos responsables de transformar el nitrógeno en formas más accesibles para las plantas. Proceso conocido como fijación de nitrógeno. Este proceso facilita el proceso fotosintético y producción de proteínas, influyendo de manera significativa en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Symborg, 2020).

2.2.5.1. BlueN

Está compuesto por *Methylobacterium symbioticum* SB23 en una concentración de 3×10^7 UFC/g, es una bacteria fijadora de nitrógeno que se caracteriza por su capacidad elevada para fijar nitrógeno atmosférico, permite la rápida acción del microorganismo debido a la presencia de tensioactivos. Actúa colonizando la filosfera de la planta que va desde las hojas hasta la raíz, siendo siempre respetuoso con el medio ambiente y la salud. La dosis recomendada varía según el cultivo, pero generalmente es de 333 g/ha, se la realiza mediante aplicación foliar en algunos tipos de cultivos especialmente en los cereales se realiza la aplicación en las primeras etapas de desarrollo de la planta mientras que para tubérculos esto se lo realiza entre la floración y el cierre de hileras. BlueN tiene una elevada compatibilidad con la mayoría de los herbicidas o fertilizantes usados en cultivos, por el contrario, no tolera productos o aguas cloradas (Symborg E. , 2020).



Figura 3. BlueN
Fuente: (Symborg, 2022)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Enfoque cuantitativo: debido a que se evaluaron variables numéricas tales como: altura de la planta en cm, número de tallos (#), diámetro de tallos en mm, número de tubérculos por categoría (#), peso de tubérculos por categoría en g, peso parcela neta en kg, rendimiento y costos/beneficio.

3.1.2. Tipo de Investigación

Experimental: se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial $4 \times 3 - 1$ con 11 tratamientos y 3 repeticiones, 33 unidades experimentales las cuales fueron distribuidas aleatoriamente y con una parcela neta de 10 plantas. Finalizada la investigación ya con todos los datos recolectados se realizó el análisis estadístico para comprobar o refutar la hipótesis de estudio.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis Afirmativa (Ha)

La aplicación de microorganismo promotores del crecimiento vegetal, Resid HC (*Glomus iranicum var. tenuihypharum*) y BlueN (*Methylobacterium symbioticum*), incrementan el rendimiento y disminuyen la fertilización en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Puca Shungo.

Hipótesis Nula (Ho)

La aplicación de microorganismo promotores del crecimiento vegetal, Resid HC (*Glomus iranicum var. tenuihypharum*) y BlueN (*Methylobacterium symbioticum*), no incrementan el rendimiento y disminuyen la fertilización en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Puca Shungo.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

Variable independiente:

Microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCV)

- Resid HC (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*)
- BlueN (*Methylobacterium symbioticum*)
- Resid HC (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) + BlueN (*Methylobacterium symbioticum*)

Fertilización

- 0%
- 75%
- 100%

Variable dependiente:

- Rendimiento del cultivo de papa Puca shungo, (altura de la planta, número de tallos, diámetro de tallos, número de tubérculos por categoría, peso del tubérculo, peso de tubérculos por categoría, peso parcela neta, rendimiento unidad experimental y rendimiento por hectárea.

3.3.2. Operacionalización de las variables

Tabla 6. Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Independiente				
Microorganismos promotores del crecimiento vegetal	Resid Hc	Se aplicó 1gr/m ² a la siembra en cada parcela	Aplicación manual y homogénea de los gránulos	Vaso Dosificador Bomba de mochila
	BlueN	Se aplicó 1 g/L de agua a los 105 días después de la siembra en cada unidad experimental	Aplicación foliar	
Fertilización edáfica	Fertilización edáfica NPK	Frecuencia: Primera aplicación a los 15 días después de la siembra 0% (0 g/planta) 75% (40,3 g/planta) 100% (30,2 g/planta)	Aplicación manual en corona alrededor de la planta	Balanza Digital
		Frecuencia: Segunda aplicación a los 40 días después de la siembra 0% (0 g/planta) 75% (35.5 g/planta) 100% (26,6 g/planta)		
	Altura de la planta (cm)	En cm a los 40, 47, 54, 61, 68, 75, 80 días después de la siembra.	Medición desde la base hasta la yema apical.	Libreta de campo Flexómetro
Dependiente				
Rendimiento de papa Puca Shungo	Número de tallos	Número a los 40, 47, 54, 61, 68, 75, 80 días después de la siembra.	Conteo manual de cada tallo en las plantas de la parcela neta	Libreta de campo
	Diámetro de tallos	En mm a los 40, 47, 54, 61, 68, 75, 80 días después de la siembra.	Medición en la parte basal del tallo.	Calibrador pie de rey Libreta de campo

Número de tubérculos	Número al tiempo de cosecha	Conteo manual de tubérculos del total de plantas de la parcela neta	Libreta de campo
Peso de tubérculos por categoría	En g al tiempo de cosecha Cat 1 de 101 a 200 g Cat 2 de 41 a 100 g Cat 3 de 10 a 40 g	Se clasifico y pesó los tubérculos de todas las plantas de la parcela neta	Libreta de campo
Peso parcela neta	En kg. A los 160 días después de la siembra	Se pesó los tubérculos de todas las plantas de la parcela neta	Libreta de campo Balanza
Rendimiento unidad experimental	En kg al tiempo de cosecha.	Se pesó los tubérculos de todas las plantas de la unidad experimental	Balanza Libreta de campo
Rendimiento por hectárea	En kg al tiempo de cosecha.	Peso de las 33 parcelas que median 20 m ² cada una. Se realizó el análisis costo beneficio de cada tratamiento	Balanza Libreta de campo
Análisis costo beneficio	En USD Después de la cosecha		Computadora

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el Centro experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, ubicada en el Cantón Huaca, provincia del Carchi, con una altitud aproximada de 2923 m.s.n.m, zona norte de la frontera con temperatura media anual de 12 °C, humedad relativa de 76% y una precipitación media aproximada de 779 – 1200 mm. (Paucar, 2022)

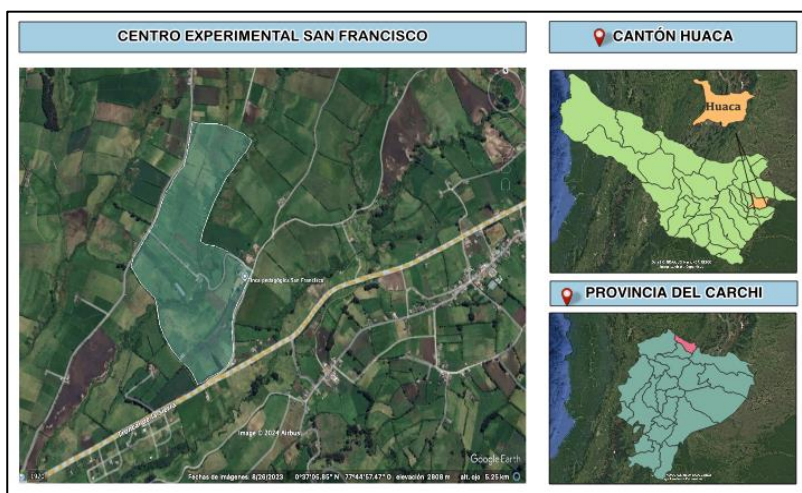


Figura 4. Ubicación geográfica del terreno

Fuente: (Google Earth, 2020)

3.4.2. Tratamientos del diseño experimental

La investigación consistió en 11 tratamientos los cuales se describen en la tabla 9.

Tabla 7. Descripción de tratamientos

Nº	Factor 1 (Fertilización)	Factor 2 (MPCV)
T1	NPK 100% (75,80 g/m ²)	Resid HC (1 g/m ²)
T2	NPK 75% (56,80 g/m ²)	Resid HC (1 g/m ²)
T3	NPK 0%	Resid HC (1 g/m ²)
T4	NPK 100% (75,80 g/m ²)	BlueN (1 gr/L de agua)
T5	NPK 75% (56,80 g/m ²)	BlueN (1 gr/L de agua)
T6	NPK 0%	BlueN (1 gr/L de agua)
T7	NPK 100% (75,80 g/m ²)	Resid HC (1 g/m ²) + BlueN (1 g/L de agua)
T8	NPK 50% (56,80 g/m ²)	Resid HC (1 g/m ²) + BlueN (1 g/L de agua)
T9	NPK 0%	Resid HC (1 g/m ²) + BlueN (1 g/L de agua)
T10	NPK 100% (75,80 g/m ²)	Sin microorganismos
T11	NPK 0%	Sin microorganismos

3.4.3. Características del diseño experimental

En el ensayo se implementó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 4 x 3 -1, conformando por 11 tratamientos y 3 repeticiones, dando un total de 33 unidades experimentales, se evaluaron 10 plantas, las cuales forman parte de la parcela neta, cada parcela midió 20 m².

Tabla 8. Características de la unidad experimental

Diseño completamente al Azar	Dimensiones
Tratamientos	11
Repeticiones	3
Unidades experimentales	33
Área de la parcela	(5m x 4m) 20 m ²
Área total del ensayo	1 221 m ²
Distancia entre plantas	0,40 cm
Distancia entre surcos	1 m
Parcela neta (plantas)	10
Plantas por unidad experimental	48 unidades
Plantas totalidad del ensayo	1 584 unidades

3.4.4. Distribución y características del experimento

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con arreglo factorial 4 x 3 -1, con una superficie de 1221 m², conformado por 11 tratamientos y 3 repeticiones, con un total de 33 unidades experimentales, parcelas de 5 x 4 cm (20 m²), con caminos de 1m por cada unidad experimental y 2 m entre bloques.

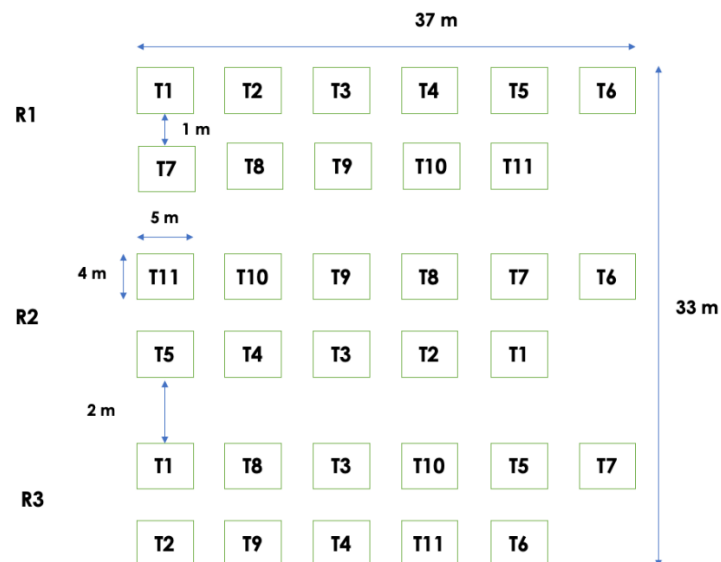


Figura 5. Distribución de tratamiento

3.4.5. Población y muestra de la investigación

El diseño que se implantó en el experimento tuvo 11 tratamiento y 3 repeticiones dando un total de 33 unidades experimentales, de las cuales para la muestra se tomó como base 10 plantas centrales de cada unidad experimental que constituyeron la parcela neta donde se evaluaron: germinación, altura de la planta, número de tallos, diámetro de tallo, etc.

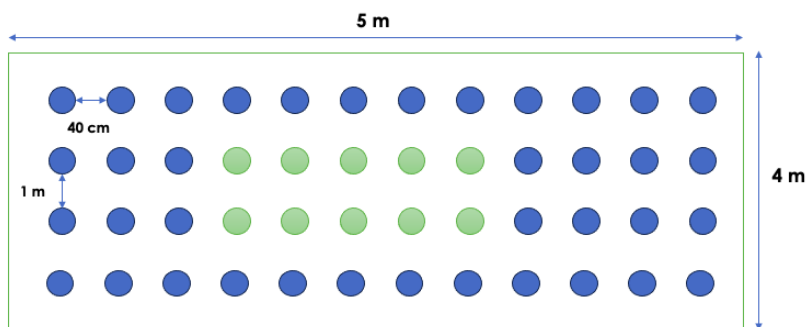


Figura 6. Muestra de la investigación

3.4.6. Procedimientos

- Análisis del suelo

Antes de realizar la preparación del suelo para la siembra se tomó una muestra de suelo para posteriormente realizar un análisis físico químico del lugar donde se implantó el experimento, esto se lo realizó con el fin de conocer las condiciones en las que se encontraba dicho lugar.

- Preparación del terreno

Con la ayuda de maquinaria agrícola se realizó el arado y rastreo del suelo para que de esta manera se obtuviera un suelo más suelto, mejorando las condiciones de este para que se encuentre en condiciones óptimas para el cultivo.

- Trazado

El experimento fue realizado a campo abierto, en el Centro Experimental San Francisco, con un área de 1 221 m², se trazó 33 unidades experimentales correspondientes a 11 tratamientos y 3 repeticiones, con dimensiones de 5m x 4m (20 m²), con caminos de 1m y separaciones de 2m, para delimitar cada tratamiento se utilizó estacas y piola.

- Surcado

Después de haber realizado el trazado, se procedió a surcar a una distancia de 1 m cada surco, dando como resultado 4 surcos por unidad experimental.

- Siembra

Una vez surcado, se realizó la siembra de papa Puca Shungo. Se utilizó la cantidad de 6.5 qq con semilla de 60 g, para cada unidad experimental se sembró un total de 48 unidades, es decir una semilla por planta, cada semilla se sembró a una distancia de 0,40 cm dando un total de 12 plantas por surco.

- Inoculación

A la siembra, en cada unidad experimental se realizó la aplicación de Resid Hc (*Glomus iranicum var. Tenuihypharum*) en una cantidad de 360 g (1 g/m²), 105 días después de la siembra se aplicó BlueN (*Methylobacterium symbioticum*) en una cantidad de 16 g (1 g/L de agua).

- Fertilización

Se realizaron dos fertilizaciones, a los 15 días después de la siembra se realizó la primera fertilización, se utilizó mezcla 10-30-10 con una formulación de 10% de nitrógeno, 30% de óxido de fósforo, 10% óxido potásico.

- 100%: 1934 g (40,3 gr/ m²) para cada tratamiento
- 75%: 1450 g (30,2 gr/ m²) para cada tratamiento

La segunda aplicación se realizó a los 40 días después de la siembra, se utilizó Mezcla 8-20-20 con una formulación de 8% de nitrógeno, 20% de óxido de fósforo, 20% óxido potásico.

- 100%: 1704 g (35.5 gr/ m²) para cada tratamiento
- 75%: 1278 g (26,6 gr/ m²) para cada tratamiento

- Retape

Esta labor se realizó de forma manual con ayuda de herramienta agrícola a los 15 días después de la siembra, consistió en tapar con suelo los primeros brotes del tubérculo.

- Medio aporque (deshierba)

Se realizó de forma manual con ayuda de herramienta agrícola a los 40 días después de la siembra, esta actividad consistió en recubrir la base de la planta con tierra con el fin de poder cubrir estolones y controlar el desarrollo de malezas.

- Aporque

Se realizó de forma manual con ayuda de herramienta agrícola a los 70 días después de la siembra, esta actividad consistió en formar el surco definitivo, esto se lo realizó con la finalidad de que el cultivo realice de manera óptima la tuberización.

- Cosecha

Se realizó de forma manual con ayuda de herramienta agrícola a los 160 días después de la siembra, consistió en extraer el tubérculo del suelo. Una vez hecho la extracción del tubérculo se procedió a la clasificación de los mismo en tres diferentes categorías: primera, segunda y tercera, se realizó el respectivo pesaje de cada unidad experimental, así mismo de la parcela neta, con los datos obtenidos se realizó el análisis del rendimiento que tuvo el ensayo implantado.

3.4.7. Variables evaluadas

3.4.7.1. Altura de la planta

Para la variable altura de la planta se utilizó la ayuda de un flexómetro, se procedió a medir en cm las 10 plantas que conforman la parcela neta en cada uno de los tratamientos, esto se lo realizó desde la base hasta la yema apical en cm a los 40 días después de la siembra hasta los 80 días después de la siembra, con una frecuencia de 7 días.

3.4.7.2. Número de tallos

La variable número de tallos se la realizó de forma manual, se procedió a realizar el conteo de cada uno de los tallos de las 10 plantas que conforman la parcela neta en cada uno de los tratamientos, esto se realizó a los 40 días después de la siembra hasta los 80 días después de la siembra, con una frecuencia de 7 días.

3.4.7.3. Diámetro de tallos

Para la variable diámetro de tallos se utilizó la ayuda de un calibrador pie de rey, se procedió a medir en la parte baja del tallo con mayor grosor del tallo en cm de las 10

plantas que conforman la parcela neta de cada uno en los tratamientos, esto se realizó a los 40 días después de la siembra hasta los 80 días después de la siembra, con una frecuencia de 7 días.

3.4.7.4. Número de tubérculos por categoría

La variable número de tubérculos por categoría, se la realizó de forma manual, se procedió a realizar el conteo de cada uno de los tubérculos correspondientes a cada categoría de las 10 plantas que conforman la parcela neta en cada uno de los tratamientos, esto se realizó a los 160 días después de la siembra.

3.4.7.5. Peso de tubérculos por categoría

La variable peso de tubérculos por categoría se utilizó la ayuda de una báscula, se procedió a pesar en g cada uno de los tubérculos correspondientes a cada categoría de las 10 plantas que conforman la parcela neta en cada uno de los tratamientos, esto se realizó a los 160 días después de la siembra.

3.4.7.6. Peso parcela neta

Para la variable peso de tubérculo por planta se utilizó la ayuda de una báscula, se procedió a pesar en kg el total de número de tubérculos de las 10 plantas que conforman la parcela neta en cada uno de los tratamientos, esto se realizó a los 160 días después de la siembra.

3.4.7.7. Rendimiento

Para la variable rendimiento por parcela se utilizó la ayuda de una báscula, se procedió a realizar el pesaje en kg el resultado cada uno de los tratamientos, esto se realizó a los 160 días después de la siembra.

3.4.7.8. Análisis costo - beneficio

Una vez terminado la investigación se realizó un esquema para la determinación del costo beneficio en (\$), del rendimiento de cada de cada uno de los tratamientos así mismo de la venta del producto y los gastos invertidos, a los 160 días después de la siembra.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la investigación se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial 4×3^{-1} , con 14 tratamientos y 3 repeticiones, dando un total de 42 unidades experimentales. Se utilizó el programa estadístico R Studio y se verificó los supuestos de normalidad (mediante la prueba de Shapiro) y homogeneidad de varianzas (mediante la prueba de Bartlett) para cada variable. Para las variables que cumplieron los supuestos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar posibles diferencias significativas entre los tratamientos y bloques. Además, aplicamos la prueba de Tukey al 5% de nivel de significancia para la comparación de medias

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Altura de la planta

Para las variables denominadas Altura, Número de tallos y Diámetro de tallo se consideró únicamente 6 tratamientos, estos tratamientos corresponden a diferentes niveles de fertilización al 100%, 75% y 0%, en combinación con la aplicación de Micorriza (Resid Hc), a estos tratamientos se incluyen el testigo químico y el testigo absoluto. Los tratamientos que consisten en la aplicación de BlueN en interacción con diferentes niveles de fertilización al 100%, 75% y 0%, no se tomó en cuenta para estas variables ya que se realizó una sola aplicación de este microorganismo a los 105 dds, una vez que el cultivo cerro hileras.

El análisis de varianza aplicado a la altura de las plantas, el cual se presenta en la Tabla 9, considerando los datos recopilados entre 40 y 80 días después de la siembra (dds). Mostraron diferencias estadísticamente significativas en los factores Fertilización y Microorganismos, así como en su interacción, con valores de $p < 0.05$. En cambio, los bloques no mostraron diferencias significativas, presentando valores de $p > 0.05$. Los coeficientes de variación fueron inferiores al 10%, lo que indica una adecuada precisión en la recolección de los datos. La altura promedio de las plantas a los 80 días fue de 91.46 cm.

Tabla 9. Análisis de varianza para la altura de planta (40, 47, 61, 75, 80 días)

F.v	GL	Altura 1 (40 dds)	Altura 2 (47 dds)	Altura 3 (61 dds)	Altura 4 (68 dds)	Altura 5 (80 dds)
		p valor				
Bloque	2	0.948	0.970	0.9547	0.54650	0.946
Microorganismos	3	9.12e-09 ***	1.21e-06 ***	9.74e-07 ***	1.31e-07 ***	3.09e-08 ***
Fertilización	2	7.26e-08 ***	2.53e-07 ***	5.11e-06 ***	1.23e-08 ***	1.63e-11 ***
Fertilización * Microorganismos	6	4.19e-05 ***	0.0338*	0.0247 *	0.00954 **	8.30e-06 ***
Error	24					
Total	32					
Media(cm)		15.51	26.29	49.01	67.62	91.46
CV (%)		5.70	2.39	1.87	7.6	5.2

Nota. Significado de los códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * . 0.1 ' ' 1.

La Prueba de Tukey al 5%, aplicada a la altura de las plantas y presentada en la Tabla 10, considerando los datos desde los 40 hasta los 80 días después de la siembra. Los resultados indicaron que los tratamientos más efectivos para promover el crecimiento fueron aquellos que utilizaron una fertilización al 100% y 75% en combinación con Micorriza (Resid Hc), denominados T1 y T2, los cuales pertenecen al grupo "a. En cambio, el tratamiento sin fertilización (T6) se ubicó en los últimos grupos, mostrando una notable desventaja en comparación con los tratamientos que involucraron una interacción entre fertilización y microorganismos.

Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para la altura de planta (40, 47, 61, 75, 80 días)

Tratamientos	Altura 1 (40 dds)		Altura 2 (47 dds)		Altura 3 (61 dds)		Altura 4 (68 dds)		Altura 5 (80 dds)	
	Media (cm)	Grupos	Media (cm)	Grupos	Media (cm)	Grupo	Media (cm)	Grupo	Media (cm)	Grupo
T1 (100% + Resid Hc)	16.32	a	28.56	a	54.23	a	71.11	a	96.56	a
T2 (75% + Resid Hc)	16.13	a	26.68	b	52.30	a	69.91	a	95.80	a
T3 (Resid Hc)	15.18	bc	23.29	d	47.33	b	66.60	c	88.42	b
T4 (100% NPK)	15.39	b	25.14	bc	47.96	b	68.40	b	94.99	a
T5 (75% NPK)	15.13	c	23.83	cd	47.64	b	67.60	bc	89.55	b
T6 (Testigo absoluto)	14.93	c	20.94	e	44.57	c	62.09	d	74.44	c

Nota. Días después de la siembra (dds). Porcentaje de fertilización edáfica: 0%, 75% y 100%. Microorganismos: Resid Hc

4.1.2. Número de tallos

El análisis de varianza aplicado al número de tallos, presentado en la Tabla 11, considerando los datos desde los 40 y 80 días después de la siembra (dds). Se detecta una diferencia estadísticamente significativa en los factores de Fertilización y Microorganismos, con valores de $p < 0.05$. En cambio, el tipo de bloques solo mostró relevancia en las etapas iniciales, específicamente a los 47 días, donde se encontró una diferencia estadística. Por otro lado, la interacción entre fertilización y microorganismos no resultó significativa, ya que sus valores de p fueron > 0.05 , sugiriendo que la combinación de ambos factores no afecta el número de tallos de la planta. Los coeficientes de variación fueron menores al 20%, lo que indica una alta precisión en los datos obtenidos. El promedio de tallos a los 80 días fue de 9.38

Tabla 11. Análisis de varianza para número de tallos (40, 47, 61, 75, 80 días)

F.v	GL	# Tallos 1	# Tallos 2	# Tallos 3	# Tallos 4	# Tallos 5
		(40 dds)	(47 dds)	(61 dds)	(68 dds)	(80 dds)
		P valor				
Bloque	2	100.000	0.049248 *	0.23730	0.38004	0.21613
Microorganismos	3	0.008155 **	0.001840 **	0.00119 **	0.00114 **	0.00255 **
Fertilización	2	0.00636 **	0.000144 ***	2.16e-06 ***	2.66e-05 ***	2.78e-05 ***
Fertilización *	6	0.32768	0.73851	0.67018	0.68485	0.53780
Microorganismos	6					
Error	24					
Total	32					
Media(cm)		2.94	3.83	7.33	8.61	9.38
CV (%)		17.16	19.05	8.62	11.54	8.17

Nota. Significado de los códigos: 0 '***' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

La Prueba de Tukey al 5% aplicada al número de tallos, según los datos presentados en la Tabla 12, considerando el período de 40 a 80 días después de la siembra, reveló que los tratamientos más efectivos en cuanto al número de tallos fueron aquellos con fertilización edáfica al 100% y 75%, quienes lograron la mayor cantidad de tallos y se clasificaron en el grupo "a". Por otro lado, los tratamientos sin fertilización edáfica (0%) obtuvieron resultados menores en el número de tallos, ubicándose en el grupo "b" y mostrando una desventaja significativa en comparación con los tratamientos con niveles más altos de fertilización.

Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% para número de tallos, Factor porcentaje de fertilización (40, 47, 61, 75, 80 días)

Porcentaje de fertilización	# Tallos 1 (40 dds)		# Tallos 2 (47 dds)		# Tallos 3 (68 dds)		# Tallos 4 (80 dds)		# Tallos 5 (80 dds)	
	Media a (#)	Grupo	Media (#)	Grupo	Media (#)	Grupo	Media (#)	Grupo	Media (#)	Grupo
100%	3.83	a	4.66	a	8.83	a	10.83	a	11.00	a
75%	3.17	a	4.00	a	8.16	a	9.00	a	9.83	a
0%	1.83	b	2.83	b	5.00	b	6.00	b	7.66	b

La Prueba de Tukey al 5% aplicada al número de tallos, cuyos resultados se presentan en la Tabla 13, considerando los datos desde los 40 hasta los 80 días después de la siembra. Los resultados indican que los distintos tipos de microorganismos influyeron significativamente en el número de tallos de las plantas durante ese periodo. Entre los tratamientos, aquellos con micorriza (Resid Hc) lograron consistentemente el mayor número de tallos, manteniéndose dentro del grupo "a" y destacándose como el microorganismo más eficaz en términos del incremento de tallos. En contraste, los tratamientos que no incluyeron microorganismos obtuvieron resultados inferiores,

clasificándose en el grupo “b” y evidenciando una notable desventaja frente a los tratamientos que incorporaron micorrizas del tipo Resid Hc.

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para número de tallos, Factor microorganismos (40, 47, 61, 75, 80 días)

Microorganismos	# Tallos 1 (40 dds)		# Tallos 2 (47 dds)		# Tallos 3 (61 dds)		# Tallos 4 (68 dds)		# Tallos 5 (80 dds)	
	Media (u)	Grupo	Media (u)	Grupo	Media (u)	Grupo	Media (u)	Grupo	Media (u)	Grupo
RHC	3.44	a	4.33	a	8.00	a	9.66	a	10.33	a
SM	2.44	b	3.33	b	6.66	b	7.55	b	8.66	b

4.1.3. Diámetro de tallos

El análisis de varianza para diámetro de tallo, presentado en la Tabla 14, considerando los datos desde los 40 y los 80 días después de la siembra (dds). Se identificó una diferencia estadísticamente significativa en relación con los factores de fertilización y microorganismos, así como en la interacción entre ambos, ya que los valores de p fueron $p < 0.05$. Por otro lado, los bloques no mostraron diferencias significativas, con valores de $p > 0.05$. Los coeficientes de variación fueron inferiores al 6% lo que indica una alta precisión en los datos obtenidos. El diámetro promedio de los tallos a los 80 días después de la siembra fue de 6.78 mm.

Tabla 14. Análisis de varianza para diámetro de tallos (40, 47, 61, 75, 80 días)

F.v	GL	Diámetro 1 (40 dds)	Diámetro 2 (47 dds)	Diámetro 3 (61 dds)	Diámetro 4 (68 dds)	Diámetro 5 (80 dds)
		P valor				
Bloque	2	0.688	0.213743	0.26514	0.827	0.24134
Microorganismos	3	1.38e-08 ***	0.000546 ***	3.19e-07 ***	2.52e-10 ***	1.93e-05 ***
Fertilización	2	6.24e-10 ***	6.23e-06 ***	8.24e-08 ***	5.37e-10 ***	7.34e-09 ***
Fertilización * Microorganismos	6	3.26e-06 ***	0.038177 *	0.00128 **	1.65e-05 ***	0.00453 **
Error	24					
Total	32					
Media(mm)		1.31	2.03	3.56	4.99	6.78
CV (%)		1.15	3.81	2.61	2.64	3.54

Nota. Significado de los códigos: 0 '***' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '.' 1.

La prueba de Tukey al 5% para el diámetro de tallos, presentada en la Tabla 15, considerando los datos desde los 40 y los 80 días después de la siembra, reveló que el tratamiento más efectivo para incrementar el grosor del tallo fue aquel que combinó una fertilización al 100% con Micorriza (Resid Hc), identificado como T1 y clasificado en el grupo “a”, así como la combinación de fertilización al 75% con Micorriza (Resid Hc), identificado como T2, clasificado en el grupo “ab”. Por otro lado, los tratamientos con

menores resultados fueron aquellos que no recibieron fertilización (0%) y el testigo absoluto, que se ubicaron en los grupos "c" y "d", mostrando una clara desventaja en comparación con los tratamientos que involucraron una interacción entre fertilización y microorganismos.

Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de tallos (40, 47, 61, 75, 80 días)

Tratamientos	# Tallos 1 (40 dds)		# Tallos 2 (47 dds)		# Tallos 3 (61 dds)		# Tallos 4 (68 dds)		# Tallos 5 (80 dds)	
	Media (mm)	Grupo	Medi (mm)	Grupo	Media (mm)	Grupo	Media (mm)	Grupo	Media (mm)	Grupo
T1 (100% + Resid Hc)	1.48	a	2.02	a	4.06	a	7.06	a	8.44	a
T2 (75% + Resid Hc)	1.44	a	1.96	a	3.92	ab	5.75	b	7.93	ab
T3 (Resid Hc)	1.19	c	1.71	b	3.50	c	4.49	c	5.27	d
T4 (100% NPK)	1.30	b	1.95	a	3.68	bc	4.72	c	7.32	bc
T5 (75% NPK)	1.28	b	1.81	ab	3.58	c	4.62	c	6.64	c
T6 (Testigo absoluto)	1.18	c	1.63	c	2.65	d	3.31	d	5.11	d

Nota. Días después de la siembra (dds). Porcentaje de fertilización edáfica: 0%, 75% y 100%. Microorganismos: Resid Hc

4.1.4. Número de tubérculos

El análisis de varianza del número de tubérculos, presentado en la tabla 16, muestran que tanto para la categoría 1 como para el número total de tubérculos existieron diferencias estadísticamente significativas en relación con los Factores de Fertilización y Microorganismos al igual que para su interacción con valores de $p < 0.05$, en cambio, los bloques no mostraron diferencias significativas registrando valores de $p > 0.05$. Por otro lado, para la categoría 2 únicamente se observó diferencia significativa para microorganismos presentando valores de $p < 0.05$, mientras que para bloques, fertilización e interacción entre fertilización y microorganismos no tuvieron efectos significativos con valores de $p < 0.05$ y finalmente para la categoría 3, ninguno de los factores evaluados presentó efectos significativos, ya que sus valores de p fueron < 0.05 . Los coeficientes de variación fueron menores al 15%, indicando una alta precisión en los datos recopilados. El número promedio de tubérculos fue de 5.84 en la categoría 1, 5.54 en la categoría 2, 4.84 en la categoría 3 y, en conjunto, el total de todas las categorías alcanzó un promedio de 16.15 a los 160 días después de la siembra.

Tabla 16. Análisis de varianza para número de tubérculos (160 días)

F.v	GL	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	# Total categorías
Bloque	2	0.735	0.7780	0.321	0.119
Microorganismos	3	2.85e-14 ***	0.0443 *	0.659	2.56e-12 ***
Fertilización	2	8.87e-12 ***	0.6694	0.211	1.81e-09 ***
Fertilización *	6	2.76e-05 ***	0.6925	0.270	8.54e-06 ***
Microorganismos	24				
Error	32				
Total					
Media (#)		5.84	5.54	4.84	16.15
CV (%)		5.32	10.78	11.79	3.04

Nota. Significado de los códigos: 0 '***' 0.001 '***' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

Los resultados presentados en la Tabla 17 de la Prueba de Tukey al 5% para la categoría 1 mostraron que el tratamiento más efectivo fue aquel con fertilización al 100%, en combinación con la interacción entre microorganismos Micorriza (Resid Hc) y la Bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN), identificado como T7 y clasificado en el grupo "a". Este tratamiento alcanzó los mejores resultados en la producción de esta categoría. De manera similar, la combinación de fertilización al 75% junto con la interacción entre Micorriza (Resid Hc) y la Bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN), denominado T8 y situado en el grupo "b", también mostró un buen desempeño. Por otro lado, los tratamientos que pertenecen a los grupos "e" y "f", incluyendo el testigo absoluto, obtuvieron resultados menores, quedando en clara desventaja en comparación con los tratamientos que involucraron fertilización al 100% y la interacción con microorganismos.

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para el número de tubérculos categoría 1

Tratamientos	Categoría 1	
	Media (#)	Grupos
T1 (100% + Resid Hc)	7.00	c
T2 (75% + Resid Hc)	6.33	cd
T3 (Resid Hc)	4.66	ef
T4 (100% + BlueN)	5.00	e
T5 (75% + BlueN)	5.00	e
T6 (BlueN)	4.33	ef
T7 (100% + Resid Hc + BlueN)	9.00	a
T8 (75% + Resid Hc + BlueN)	8.00	b
T9 (Resid Hc + BlueN)	6.00	d
T10 (100% NPK)	5.00	e
T11 (Testigo absoluto)	4.00	f

Nota. Días después de la siembra (dds). Porcentaje de fertilización edáfica: 0%, 75% y 100%. Microorganismos: Resid Hc, BlueN

Los resultados presentados en la Tabla 18 de la Prueba de Tukey al 5% para la categoría 2 demostraron que los tratamientos con Micorriza (Resid Hc) y su interacción con la bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN) alcanzaron la mayor cantidad de tubérculos,

consistentemente ubicados en el grupo "a", lo que los identifica como los microorganismos más efectivos en cuanto al número de tubérculos. Por otro lado, los tratamientos con bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN) también obtuvieron buenos resultados, situándose en el grupo "ab". En contraste, los tratamientos sin microorganismo mostraron menores resultados y se colocaron en el grupo "b", evidenciando una clara desventaja en comparación con los tratamientos que incluían microorganismos y sus combinaciones.

Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para el número de tubérculos categoría 2

Microorganismos	Categoría 2	
	Media (#)	Grupos
RHC	5.55	a
BN	5.33	ab
RHC + BN	6.00	a
SM	5.16	b

La prueba de Tukey al 5% para el total de tubérculos, presentada en la Tabla 19, reveló que el tratamiento más efectivo fue aquel con fertilización al 100%, combinados con la interacción entre Micoriza (Resid Hc) y la Bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN), identificado como T7 y clasificado en el grupo "a", obtuvo los mejores resultados en la producción. De manera similar, la combinación de fertilización al 75% junto con la interacción entre Micoriza (Resid Hc) y la Bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN), correspondiente al tratamiento T8 y situado en el grupo "b", también mostró buenos resultados. Por otro lado, los tratamientos sin fertilización (0%) así como el testigo absoluto que pertenecen al grupo "e", evidenciando así una clara desventaja en comparación con los tratamientos que combinaron fertilización al 100% y la interacción con microorganismos.

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para el número de tubérculos Parcela Neta

Tratamientos	# Tubérculos PN	
	Media (#)	Grupos
T1 (100% + Resid Hc)	17.33	bc
T2 (75% + Resid Hc)	16.33	cd
T3 (Resid Hc)	14.66	e
T4 (100% + BlueN)	15.33	de
T5 (75% + BlueN)	15.00	de
T6 (BlueN)	14.66	e
T7 (100% + Resid Hc + BlueN)	21.00	a
T8 (75% + Resid Hc + BlueN)	18.00	b
T9 (Resid Hc + BlueN)	16.33	cd
T10 (100% NPK)	15.00	de
T11 (Testigo absoluto)	14.00	e

4.1.5. Peso parcela neta

El análisis de varianza del peso de la parcela neta, presentado en la Tabla 20, revela diferencias estadísticamente significativas tanto en los factores de Fertilización y Microorganismos como para su interacción en todas las categorías, con valores de $p < 0.05$, mostrando que la interacción entre los diferentes factores influye de manera significativa el peso total. Por otro lado, los bloques no presentaron diferencias significativas registrando valores de $p > 0.05$. El coeficiente de variación fue inferior al 25%, indicando una alta precisión en los datos recopilados. El peso promedio parcela neta fue de 1.68 g a los 160 días después de la siembra.

Tabla 20. Análisis de varianza para Peso parcela neta (160 días)

F.v	GL	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Total, Categorías
Bloque	2	0.783539	0.6560	0.689532	0.85535
Microorganismos	3	0.030080 *	3.82e-05 ***	0.000466 ***	0.00135 **
Fertilización	2	0.000478 ***	2.28e-09 ***	5.11e-07 ***	2.4e-06 ***
Fertilización *	6	0.00416 **	0.0399 *	0.037254 *	0.0040740 **
Microorganismos	24				
Error	32				
Total					
Media(kg)		1.23	0.33	0.11	1.68
CV (%)		22.91	10.94	18.94	15.84

Nota. Significado de los códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

Los resultados presentados en la Tabla 21 de la Prueba de Tukey al 5% para el peso parcela, en las categorías 1, 2, 3 y en el promedio total, revelaron que el tratamiento más efectivo fue aquel que combinó una fertilización al 100% junto con la interacción entre Micorriza (Resid Hc) y la Bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN), identificados como T7 ubicándose en el grupo "a". Estos lograron las mejores cifras en peso. Además, para las categorías 1, 2 y en el promedio total, la combinación de fertilización al 75% con la interacción entre Micorriza (Resid Hc) y la Bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN), conocida como T8 y clasificada en el grupo "ab", también mostró buenos resultados. Por otro lado, los tratamientos sin fertilización (0%) y el testigo absoluto presentaron menores rendimientos, ubicándose en los grupos "cd" y "d", evidenciando una clara desventaja en comparación con los tratamientos que incluyeron fertilización al 100% y la interacción con los microorganismos.

Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para Peso parcela neta

Tratamientos	Categoría 1		Categoría 2		Categoría 3		Total-Categorías	
	Media (kg)	Grupos	Media (kg)	Grupos	Media (kg)	Grupos	Media (kg)	Grupos
T1 (100% + Resid Hc)	1.49	ab	0.41	abc	0.14	abc	2.03	abc
T2 (75% + Resid Hc)	1.41	abc	0.32	cdef	0.12	bcde	1.74	abcd
T3 (Resid Hc)	0.93	b	0.22	f	0.06	de	1.22	cd
T4 (100% + BlueN)	1.38	bcd	0.38	bcd	0.17	ab	1.99	abc
T5 (75% + BlueN)	1.23	cde	0.33	cde	0.10	cde	1.67	bcd
T6 (BlueN)	0.93	e	0.26	ef	0.09	cde	1.28	cd
T7 (100% + Resid Hc + BlueN)	1.78	a	0.50	a	0.18	a	2.51	a
T8 (75% + Resid Hc + BlueN)	1.54	ab	0.44	ab	0.12	abcd	2.13	ab
T9 (Resid Hc + BlueN)	1.05	cdef	0.28	def	0.08	cde	1.41	bcd
T10 (100% NPK)	1.06	cdef	0.30	def	0.08	cde	1.45	bcd
T11 (Testigo absoluto)	0.78	f	0.22	f	0.06	e	1.06	d

Nota. Días después de la siembra (dds). Porcentaje de fertilización edáfica: 0%, 75% y 100%. Microorganismos: Resid Hc, BlueN

4.1.6. Peso de tubérculo por categorías

El análisis de varianza del peso de los tubérculos, presentado en la Tabla 22, revela que en las categorías 1, 2 y 3 existen diferencias estadísticamente significativas en relación con los factores de fertilización y microorganismos, así como en su interacción, con valores de $p < 0.05$. Esto indica que la interacción entre estos dos factores influye en el peso del tubérculo. Por otro lado, los bloques no mostraron efectos significativos, ya que sus valores de p fueron > 0.05 . Los coeficientes de variación fueron inferiores al 25%, indicando una alta precisión en los datos recopilados. La media del peso en la categoría 1 fue de 194.4 g, siendo el mayor promedio relacionado al peso del tubérculo, seguida por la categoría 2 con una media de 60.58 g y la categoría 3 con una media de 24.09 g, a los 160 días después de la siembra.

Tabla 22. Análisis de varianza para Peso de tubérculos (160 días)

F.v	GL	p valor		
		Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
Bloque	2	0.208	0.17118	0.275
Microorganismos	3	2.11e-15 ***	0.00011 ***	3.39e-09 ***
Fertilización	2	< 2e-16 ***	2.63e-11 ***	2.00e-13 ***
Fertilización Microorganismos	* 6	3.20e-06 ***	0.00726* *	3.63e-05 ***
Error	24			
Total	32			
Media(g)		194.4	60.58	24.09
CV (%)		4.37	7.27	8.73

Nota. Significado de los códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

Los resultados presentados en la Tabla 23 de la Prueba de Tukey al 5% para el peso de los tubérculos en las categorías 1, 2 y 3 indicaron que los tratamientos más efectivos fueron aquellos que combinaron una fertilización al 100% con la interacción entre Micorriza (Resid Hc) y bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN), identificados como T7 y que pertenecen al grupo "a". Este tratamiento alcanzó los mejores resultados. Además, en la categoría 3, el tratamiento T4, que también utilizó una fertilización al 100% junto con BlueN, y que se ubicó en el grupo "a", también mostró buenos resultados. Por otro lado, para las categorías 1 y 2, el tratamiento que también obtuvo buenos resultados fue una fertilización al 75% en conjunto con la interacción entre Micorriza (Resid Hc) y la bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN), identificada como T8 y clasificada en el grupo "ab", también logrando buenos resultados. Por otro lado, los tratamientos sin fertilización (0%) así como el testigo absoluto obtuvieron menores rendimientos situándose en los grupos "e", "f" y "h", evidenciando una desventaja significativa en comparación con los tratamientos que aplicaron fertilización al 100% y la interacción con microorganismos.

Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% para Peso de tubérculos

Tratamientos	Categoría 1		Categoría 2		Categoría 3	
	Media(g)	grupos	Media(g)	grupos	Media(g)	grupos
T1 (100% + Resid Hc)	242.00	bc	73.66	ab	33.33	ab
T2 (75% + Resid Hc)	225.00	cd	63.33	bc	24.33	cd
T3 (Resid Hc)	142.33	fg	43.66	e	13.66	f
T4 (100% + BlueN)	237.00	bcd	70.33	abc	36.66	a
T5 (75% + BlueN)	215.00	d	64.00	bc	23.33	cde
T6 (BlueN)	158.66	ef	48.33	de	17.66	ef
T7 (100% + Resid Hc + BlueN)	273.33	a	77.66	a	38.00	a
T8 (75% + Resid Hc + BlueN)	255.00	ab	75.00	ab	28.66	bc
T9 (Resid Hc + BlueN)	171.66	e	49.66	de	18.33	def
T10 (100% NPK)	124.00	g	57.66	cd	18.33	def
T11 (Testigo absoluto)	94.00	h	43.00	e	12.66	f

Nota. Días después de la siembra (dds). Porcentaje de fertilización edáfica: 0%, 75% y 100%. Microorganismos: Resid Hc, BlueN

4.1.7. Rendimiento

El análisis de varianza para el rendimiento del cultivo, que se presenta en la Tabla 24. Se observa una diferencia estadísticamente significativa para los Factores de Fertilización, Microorganismos como para su interacción con valores de $p < 0.05$, al igual que se muestran diferencias significativas para bloques a excepción de la categoría 1 en la cual no presentaron diferencias significativas registrando valores de $p > 0.05$. El coeficiente de variación fue inferior al 15%, indicando una alta precisión en los datos recopilados, con un rendimiento promedio total de 21.52 kg/UE lo que equivale a 10,908 kg/ha.

Tabla 24. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo (160 días)

F.v	GL	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Rendimiento UE	p valor	
Bloque	2	0.206	1.20e-05 ***	2.07e-07 ***	1.62e-06 ***		
Microorganismos	3	5.33e-12 ***	5.76e-12 ***	9.41e-08 ***	5.64e-15 ***		
Fertilización	2	2.72e-15 ***	3.76e-14 ***	2.66e-10 ***	< 2e-16 ***		
Fertilización * Microorganismos	6	8.74e-06 ***	4.18e-07 ***	0.00903 **	2.34e-09 ***		
Error	24						
Total	32						
Media(kg/UE)		12.33	7.47	2.00	21.82		
Media(kg/ha)		6167	3738.6	1002.8	10908		
CV (%)		9.13	11.17	11.81	5.80		

Nota. Significado de los códigos: 0 '***' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '*' 0.1 '.' 1. Unidad experimental (UE), hectárea (ha)

Los resultados presentados en las Tablas 25 y 26, correspondientes a la Prueba de Tukey al 5%, para el rendimiento del cultivo en las categorías 1, 2 y en el promedio total, demostraron que el tratamiento más efectivo fue aquel que combinó una fertilización al 100% con la interacción entre Micorriza (Resid Hc) y la bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN), identificado como T7, clasificando en el grupo "a". Este tratamiento mostró los mejores resultados en el rendimiento, evidenciando la eficiencia y efectividad de la unión de ambos factores. Asimismo, la fertilización al 75% combinada con la interacción entre Micorriza (Resid Hc) y la bacteria fijadora de nitrógeno (BlueN), identificado como T8, ubicado en el grupo "ab", también obtuvo buenos resultados en estas categorías. Por otro lado, en la categoría 3, se observaron diferentes niveles de rendimiento, los tratamientos con 0% de fertilización en interacción con BlueN, identificados como T6, situados en el grupo "a", presentaron rendimientos destacados. Los tratamientos con menores rendimientos fueron aquellos sin fertilización (0%), así como el testigo químico y el absoluto, los cuales se clasificaron en los grupos "e" y "f", respectivamente, en función de las categorías evaluadas. Esto refleja una clara desventaja en comparación con los tratamientos que aplicaron fertilización al 100% y la interacción con microorganismos.

Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para rendimiento del cultivo unidad experimental

Tratamientos	Categoría 1		Categoría 2		Categoría 3		Rendimiento UE	
	Media (kg)	grupos	Media (kg)	grupos	Media (kg)	grupos	Media (kg)	grupos
T1 (100% + Resid Hc)	17.82	ab	11.57	b	1.23	ef	31.02	b
T2 (75% + Resid Hc)	17.56	abc	7.32	cd	1.62	def	23.61	c
T3 (Resid Hc)	7.53	d	3.46	ef	2.60	b	13.60	de
T4 (100% + BlueN)	14.44	c	8.50	c	1.81	cdef	27.28	c
T5 (75% + BlueN)	14.84	bc	8.10	c	1.84	cde	24.75	c
T6 (BlueN)	5.64	de	4.46	e	3.40	a	12.20	e
T7 (100% + Resid Hc + BlueN)	20.52	a	14.82	a	1.12	f	36.47	a
T8 (75% + Resid Hc + BlueN)	19.02	a	13.47	ab	1.22	ef	33.72	ab
T9 (Resid Hc + BlueN)	8.84	d	5.35	de	2.09	bcd	16.88	d
T10 (100% NPK)	6.50	d	3.20	ef	2.41	bc	12.12	e
T11 (Testigo absoluto)	2.93	e	1.96	f	2.70	b	8.30	f

Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento del cultivo por hectárea

Tratamientos	Categoría 1		Categoría 2		Categoría 3		TOTAL	
	Media (kg)	grupos	Media (kg)	grupos	Media (kg)	grupos	Media (kg)	grupos
T1 (100% + Resid Hc)	8910.00	ab	5788.53	b	613.33	ef	15510.19	b
T2 (75% + Resid Hc)	8781.66	abc	4250.08	c	811.66	def	11806.84	c
T3 (Resid Hc)	3768.57	d	1732.52	ef	1301.66	b	6802.77	de
T4 (100% + BlueN)	7221.66	c	4050.00	c	907.58	cdef	13640.08	c
T5 (75% + BlueN)	7421.66	bc	3663.51	cd	921.66	cde	12379.25	c
T6 (BlueN)	2823.33	de	2233.33	e	1700.39	a	6103.33	e
T7 (100% + Resid Hc + BlueN)	10261.66	a	7411.66	a	562.62	f	18236.95	a
T8 (75% + Resid Hc + BlueN)	9510.00	a	6735.95	ab	608.33	ef	16859.29	ab
T9 (Resid Hc + BlueN)	4420.43	d	2675.14	de	1046.66	bcd	8443.91	d
T10 (100% NPK)	3250.95	d	1601.66	ef	1208.33	bc	6060.95	e
T11 (Testigo absoluto)	1467.64	e	981.79	f	1348.33	b	4149.83	f

4.1.8. Análisis costo-beneficio

En la Tabla 27, se muestra el análisis de costo-beneficio de los tratamientos evaluados. El tratamiento 7 (100% + Resid Hc + BlueN) destaca por ofrecer el mayor beneficio directo, con una relación de 2.20 dólares por cada dólar invertido, al igual que el tratamiento 8 (75% + Resid Hc + BlueN), que genera un beneficio directo de 2.13 dólares por cada dólar invertido. Aunque la inversión en estos dos tratamientos es un poco mayor, ambos destacan por su alto rendimiento en kg/ha y sus excelentes características fenológicas.

Tabla 27. Análisis costo/beneficio para el cultivo de papa variedad Puca Shungo

Tratamientos	Rendimiento Kg/Ha	Cat1	Cat2	Cat 3	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Ingreso Ingreso Ingreso Ingreso Venta total	Costo por tratamiento	Utilidad	Costo Beneficio
		Valor producción USD/saco	Valor producción USD/saco	Valor producción USD/saco	Ingreso Venta	Ingreso Venta	Ingreso Venta				
100% + Resid Hc	15510,19	20	17	3	3564	1968,10	36,79	5568,90	2073,03	3495,87	1,69
75% + Resid Hc	11806,84	20	17	3	3512,664	1445,02	48,69	5006,39	1948,03	3058,36	1,57
Resid Hc	6802,77	20	17	3	1507,428	589,05	78,09	2174,58	1573,03	601,55	0,38
100% + BlueN	13640,08	20	17	3	2888,664	1377	54,45	4320,12	2061,36	2258,76	1,10
75% + BlueN	12379,25	20	17	3	2968,664	1245,59	55,29	4269,56	1936,36	2333,19	1,20
BlueN	6103,33	20	17	3	1129,332	759,33	102,02	1990,69	1561,36	429,32	0,27
100% + BlueN + Resi Hc	18236,95	20	17	3	4104,664	2519,96	33,75	6658,39	2081,36	4577,02	2,20
75% + BlueN + Resid Hc	16859,29	20	17	3	3804	2290,22	36,49	6130,72	1956,36	4174,36	2,13
BlueN + Resid Hc	8443,91	20	17	3	1768,172	909,54	62,79	2740,52	1581,36	1159,16	0,73
100% NPK	6060,95	20	17	3	1300,38	544,56	72,49	1917,44	1886,36	31,08	0,02
0% NPK	4149,83	20	17	3	587,056	333,80	80,89	1001,76	1386,36	-384,60	-0,28

4.2. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación destacaron que los tratamientos con una fertilización edáfica al 100% en interacción con micorrizas Resid Hc y bacterias fijadoras de nitrógeno como lo es BlueN, generaron mayores resultados, alcanzando un promedio de 18.236 t/ha en el rendimiento total. Por otro lado, también se obtuvo buenos resultados en los tratamientos con una fertilización al 75% en interacción con Resid Hc y BlueN, alcanzando un rendimiento promedio de 16.85 t/ha y una disminución en la fertilización del 25%, probando que la interacción con microorganismo puede influir en la disminución de la fertilización. Estos resultados concuerdan con Torres y Bernabé (2024), quienes encontraron buenos resultados para los cultivos de maíz y fresa, tratamientos en los cuales se utilizó BlueN como bacteria fijadora de nitrógeno y una fertilización edáfica en distintas dosificaciones, logrando obtener para el cultivo de maíz una disminución de fertilización edáfica del 50 % alcanzado un rendimiento de 38,5% más de grano por planta a comparación de las plantas control (Testigo) mientras que para la fresa se obtuvo una disminución de la fertilización edáfica en un 25%, alcanzando un rendimiento del 32,6% a comparación de las plantas control (Testigo). Por otro lado, Sánchez (2024), reporto que el tratamiento con una fertilización al 100 % en interacción con la bacteria fijadora de nitrógeno BlueN, mostro un incremento en el cultivo de maíz tanto para el peso con un promedio de 1.75 kg, como para el rendimiento con un promedio de 12.05 t/ha, destacando la efectividad de los microorganismos sobre el rendimiento de los cultivos ya que optimiza el aprovechamiento de nutrientes y su disminución en la fertilización reduciendo los costos de inversión.

Los microorganismos, especialmente las micorrizas las cuales están conformadas por el hongo (*Glomus iranicum var. tenuihypharum*) como Resid Hc, demostraron un impacto positivo sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo, parámetros como la altura de la planta, el diámetro del tallo y uno de los parámetros clave como es el rendimiento. En la presente investigación el tratamiento con una fertilización al 100% en interacción con micorriza Resid Hc, alcanzó una altura de 96.56 cm, un diámetro

de tallos de 8.44 mm. Estos resultados coinciden con Pérez y Revelo (2020), quienes reportaron para el cultivo de maíz, un incremento en la altura de la planta de 1.87 cm y el grosor del tallo de 0.90 mm a comparación con el testigo, mientras que Luna (2022), reporto que el tratamiento el cual obtuvo mejores resultados para el cultivo de papa variedad Super chola, fue una fertilización al 100 % en interacción con el hongo *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, mostrando una altura de planta (56.7 cm), número de tallos/planta (4.00), diámetro de tallos/planta (6.5 mm).

La interacción entre los microorganismos y una fertilización edáfica del 100%, demostraron efectos significativos en parámetros clave como es el rendimiento total. En la presente investigación, el tratamiento con una fertilización al 100% en interacción con micorriza Resid Hc y la bacteria fijadora de nitrógeno BlueN, logró un peso del tubérculo, particularmente en la Categoría 1, con un peso promedio de 273.33 g y un rendimiento de 18.236 t/ha, destacando la interacción entre los factores. Estos resultados concuerdan con Lastra y Paucar (2023), quienes reportaron en el cultivo de papa variedad Única, un peso promedio de 148.13 g y un rendimiento de 42.50 t/ha en la utilización de BlueN compuesto por la bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum* y una fertilización edáfica al 100% a comparación del testigo el cual obtuvo un rendimiento de 33.61 t/ha. resaltando la efectividad que produce la interacción de los microorganismos con la una correcta fertilización edáfica. Mientras que Tobar (2024), reporto que el tratamiento el cual obtuvo mejores resultados en el rendimiento de la *Brassica spiffire* (Nabo) fue la fertilización al 100% en interacción con micorriza Resid MG y TrichoSym, presentando un incremento en el rendimiento de 2,27 kg/m², resaltando la efectividad que produce la interacción de los microorganismos con la una correcta fertilización edáfica.

En la presente investigación, la fertilización al 100% en interacción con micorriza Resid Hc y la bacteria fijadora de nitrógenos BlueN, obtuvieron resultados positivos para las variables evaluadas, las categorías mostraron diferencias significativas. Tanto para la categoría 1 con un rendimiento de 10.26 t/ha, como la categoría 2 con un rendimiento de 7.4 t/ha, obteniendo rendimientos más elevados a diferencia de la categoría 3 la cual obtuvo un rendimiento de 1.7 t/ha, presentando un rendimiento sumamente inferior a comparación de las dos anteriores categorías, esto puede deberse a la disponibilidad

de nutrientes esenciales como el fósforo, el nitrógeno y el potasio crucial para el desarrollo de tubérculos grandes y de calidad. Luna (2022), reporto un contenido nutricional del tubérculo de nitrógeno (2.10 ppm), contenido de fósforo (0.32 ppm) y contenido de potasio (2.64 ppm), mostrando un rendimiento de 20 t/ha. Esto demostró que una mayor disponibilidad de nutrientes tiene un efecto directo con el rendimiento del cultivo.

Los resultados obtenidos en la presente investigación generaron efectos prácticos positivos para el sector agrícola, reafirmando que el tratamiento con una fertilización al 100% en interacción con micorriza Resid Hc y la bacteria fijadora de nitrógenos BlueN, logró un rendimiento 18.236 t/ha con un costo beneficio de 2,20 dólares/dólar invertido, al igual que el tratamiento con una fertilización al 75% en interacción con micorriza Resid Hc y la bacteria fijadora de nitrógeno BlueN, alcanzó un rendimiento promedio de 16.85 t/ha, en el cual se obtuvo una disminución del 25% de fertilización lo que también lo convierte en uno de los tratamientos que representa un efecto positivo para el rendimiento del cultivo además de mantenerse como uno de los más rentables obteniendo un costo beneficio de 2,13 dólares/dólar invertido, representa una estrategia efectiva para el incremento del rendimiento y la rentabilidad, tal como lo reporta Tobar (2024), en el cultivo de la *Brassica spiffire* (Nabo), quien obtuvo un rendimiento de 2,27 kg/m² y un beneficio de 3,94 dólares/dólar invertido.

Este estudio demostró que la implementación de una fertilización adecuada en interacción con el uso estratégico de microorganismo promotores del crecimiento vegetal puede mejorar significativamente el rendimiento y la sostenibilidad en el cultivo de papa. Los resultados, respaldados por investigaciones anteriores, evidencian que estas estrategias no solo optimizan los recursos, sino que también contribuyen a una producción más eficiente y respetuosa con el medio ambiente, destacando su importancia para el desarrollo de prácticas agrícolas más responsables y adaptadas a las necesidades actuales.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que el mejor tratamiento para el desarrollo fenológico del cultivo fue 100% Fertilización NPK (75,80 g/m²) en combinación con Resid Hc (1 g/m²), destacando en las variables de la altura de planta con 96.56 cm, el diámetro del tallo, con 8.44 mm, el número de tallos de 11 por planta, esto demostró que los microorganismos promotores del crecimiento vegetal en interacción con una fertilización del 100% incrementó de manera significativa el desarrollo del cultivo, obteniendo valores elevados a comparación con los tratamientos sin fertilización o aplicación de microorganismos.
- Se determinó que el mejor tratamiento en cuanto al rendimiento fue la interacción entre micorriza Resid Hc y la bacteria fijadora de nitrógeno BlueN con una fertilización al 100%, el cual obtuvo un promedio total de 18.236 t/ha, presentando un valor significativamente más alto en comparación con los demás tratamientos que fueron evaluados.
- Se determinó que los tratamientos con una fertilización al 100 y 75% en interacción con micorriza Resid Hc y la bacteria fijadora de nitrógeno BlueN alcanzaron una mayor rentabilidad, ya que proporcionaron un beneficio directo de 2,20 y 2,13 dólares por cada dólar invertido respectivamente.
- El estudio demostró que combinar una fertilización adecuada con microorganismos como Resid Hc y BlueN mejora significativamente el crecimiento, rendimiento del cultivo de papa nativa Puca Shungo. Esta estrategia permite reducir el uso de fertilizantes en un 25%, promoviendo una agricultura más eficiente.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con la combinación de Resid Hc (1 g/m²) y BlueN (1 g/L de agua) junto con distintos porcentajes de fertilización edáfica en otras variedades de papa, para analizar su efecto en el desarrollo fenológico y la productividad.
- Investigar el impacto de diferentes concentraciones de Resid Hc y BlueN en cultivos agrícolas de interés comercial e industrial, evaluando su influencia en el crecimiento, rendimiento y calidad del producto.
- Estudiar la compatibilidad de Resid Hc y BlueN con productos agrícolas comúnmente utilizados, ya que ciertos componentes podrían afectar la eficacia de estos microorganismos.
- Investigar el desempeño agronómico de la variedad INIAP-Puca Shungo en diferentes localidades de la provincia del Carchi, promoviendo su conservación en la agricultura regional.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almedia, M. (2020). *Cultivo de Papa*. Obtenido de Wikifarmer: <https://wikifarmer.com/es/como-regar-las-patatas-riego-de-patatas/>
- Arcos, E. (20 de Enero de 2021). *Todas las papas en Ecuador*. Obtenido de Ecuador: <https://cocina-ecuatoriana.com/articulos/todas-las-papas-en-ecuador>
- Benitez, P. (2018). *Ficha técnica cultivo de papa*. Obtenido de CATIE: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8214.pdf>
- Cevallos, A. (2 de Mayo de 2018). *La papa, es el alimento del mundo*. Obtenido de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera : <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-papa-es-el-alimento-del-mundo>
- Cobos Mora, F. (22 de 11 de 2022). *El cultivo de papa*. Obtenido de Science and Research: <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/2748#:~:text=Resumen,tecnolog%C3%ADas%20de%20producci%C3%B3n%20en%20Ecuador.>
- Cortéz, D. (28 de Marzo de 2023). *Producción nacional e internacional*. Obtenido de InfoAgro: <https://mexico.infoagro.com/produccion-nacional-e-internacional/>
- CREAA, I. C. (2020). *Efecto de la micorriza (Glomus Intrarradices), en el rendimiento de dos variedades de papa (Solanum Tuberosum L.) en el Altiplano de Puno - Perú*. Obtenido de Scielo Perú: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572020000100058
- Dove, H. (2019). *Papa*. Obtenido de Royal Botanic Gardens: https://www-kew-org.translate.goog/plants/potato?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=Usos%20de%20las%20plantas,-Comida%20y%20bebida&text=Las%20patatas%20se%20hierven%2C%20se,patata%20y%20harina%20de%20patata.
- Egúsquiza, R. (2023). *Manejo integrado de plagas y enfermedades*. Obtenido de Guía Técnica: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/032-d-papa.pdf>
- Ernest. (19 de Noviembre de 2021). *Papa: conoce la historia de este tubérculo de origen peruano*. Obtenido de Perú Travel: <https://www.peru.travel/es/masperu/papa-conoce-la-historia-de-este-tuberculo-de-origen->

- prefectura-logra-acuerdos-con-gobierno-nacional-para-apoyar-a-los-productores-de-papa-en-carchi.html
 MG, R. (2023). *RESID® MG*. Obtenido de SYMBORG: <https://symborg.com/es/bioestimulantes/resid-mg/>
- Monteros, A. (2020). *VARIEDADES DE PAPA*. Obtenido de INVENTARIO DE TECNOLOGÍAS: <https://cipotato.org/papaenecuador/variedades-de-papa/#::~:~:text=Las%20variedades%20de%20papa%2C%20se,un%20proceso%20de%20mejoramiento%20gen%C3%A9tico.>
- NÚÑEZ, M. (2017). "Evaluación del uso de tres formulaciones de biol en la producción de papa (*solanum tuberosum* L.) Variedad cecilia". Obtenido de REPOSITORIO UTA: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26395/1/Tesis-176%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20522.pdf>
- Pardo, S. (2020). *Bacterias promotoras del crecimiento vegetal*. Obtenido de Sistemas Agropecuarios Sostenibles: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36978/Ver_Documento_36978.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Paucar, L. (2022). *Evaluación del rendimiento del cultivo de fresa (*Fragaria* sp) en las variedades Albion y Monterrey mediante dos sistemas de producción en el centro Experimental "San Francisco" cantón Huaca, provincia del Carchi.* Obtenido de Repositorio UPEC: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1687/1/449-%20PAUCAR%20GUAMIALAM%c3%81%20LILIANA%20JOSELYN.pdf>
- PNIA, P. N. (2019). *Sistematización de la experiencia de los subproyectos de papa financiados por el programa nacional de innovación agraria*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/569715/libro_estudio-de-papa.pdf
- PROBELTE. (18 de Junio de 2019). *Fertilización química o convencional en la agricultura*. Obtenido de NOTICIAS PROBELTE: <https://probelte.com/es/noticias/fertilizacion-quimica-o-convencional-en-la-agricultura/>
- Puetate, L. (2019). *Alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) con*. Obtenido de Repositorio upec: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/764/1/348%20Alternativas%20de%20fertilizaci%C3%B3n%20para%20el%20cultivo%20de%20papa%20-%20Mont%C3%BAfar.pdf>
- Reina, S. (17 de Enero de 2024). *Producción de papa en Ecuador y su importancia*. Obtenido de Del Monte AG: <https://delmonteag.com.ec/produccion-de-papa-en-ecuador-y-su-importancia/>
- Sánchez, J. R. (Enero de 2024). *Universidad autónoma del estado de México. Facultad de ciencias agrícolas*. Obtenido de utilización de diferentes dosis de nitrógeno y

bacterias fijadoras de nitrógeno (*methylobacterium symbioticum*) atmosférico en maíz (*zea mays*) en san miguel chapultepec, estado de méxico.: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/141268/Tesis%20Miguel%20Angel%20Albarran%20RI.pdf?sequence=4>

Sembralia. (26 de Agosto de 2020). *Fertilizantes NPK: ¿Qué son y para qué sirven?* Obtenido de Sembralia: <https://sembralia.com/blogs/blog/fertilizantes-npk>

Sembraria. (12 de Mayo de 2022). *Uso de microorganismos en agricultura*. Obtenido de Sembraria: <https://sembralia.com/blogs/blog/uso-microorganismos-agricultura#:~:text=Los%20microbios%2C%20como%20las%20bacterias,suficiente%20agua%2C%20minerales%20y%20nutrientes.>

SPDA. (29 de Mayo de 2020). *Día Nacional de la Papa: ¿por qué es tan importante este producto?* Obtenido de Actualidad Ambiental: <https://www.actualidadambiental.pe/dia-nacional-de-la-papa-por-que-es-tan-importante-este-producto/>

Symborg. (2020). *La nueva forma de aportar nitrógeno a los cultivos*. Obtenido de BlueN Technology: <file:///C:/Users/micae/Downloads/BlueN%20Technology%20-%20ES.pdf>


Symborg, E. (4 de Mayo de 2020). *BlueN logra rendimiento y calidad del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) aplicando un 48% menos de nitrógeno de cobertera*. Obtenido de redagricola: <https://redagricola.com/efecto-de-bluen-en-el-rendimiento-y-calidad-del-cultivo-de-arroz-oryza-sativa-aplicado-con-un-48-menos-de-nitrogeno-de-cobertera/>

Valarezo, C. (2023). *Evaluación del crecimiento y rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) usando *Methylobacterium symbioticum* como fuente fijadora de nitrógeno en el sector la Argelia del cantón Loja*". Obtenido de Universidad Nacional de Loja Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables: https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27881/1/CarlosDavid_ValarezoRamos.pdf


Vallejo, L. (2021). *MICORRIZAS*. Obtenido de SYMBORG: <https://symborg.com/es/que-son-las-micorrizas/>

VII. ANEXOS

ANEXO 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA
ACTA
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

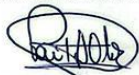
ESTUDIANTE: Benavides Nazamues Geovanna Micaela		CÉDULA DE IDENTIDAD: 0450144951	
PERIODO ACADÉMICO: 2025 A		DOCENTE TUTOR: MSC. JÁCOME SARCHI GUILLERMO ALEXANDER	
PRESIDENTE TRIBUNAL: MSC. ORTIZ TIRADO PAUL SANTIAGO		DOCENTE: MSC. HERRERA RAMÍREZ CARLOS DAVID	
TEMA DEL TIC: "Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) variedad Puca Shungo con la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal a diferentes dosis de fertilización edáfica en el Centro experimental San Francisco – cantón Huaca"			

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9.00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9.00	
3	METODOLOGÍA	9.00	
4	RESULTADOS	9.00	
5	DISCUSIÓN	9.00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9.00	Actualizar la 4ta recomendación.
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9.00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	9.00	


Obleniendo una nota de: **9.00** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el Informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su Informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.


Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **jueves, 5 de junio de 2025**



MSC. ORTIZ TIRADO PAUL SANTIAGO
PRESIDENTE TRIBUNAL



MSC. HERRERA RAMÍREZ CARLOS DAVID
DOCENTE



MSC. JÁCOME SARCHI GUILLERMO ALEXANDER
DOCENTE TUTOR

ANEXO 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Geovanna Micaela Benavides Nazamues				
DATE: Miércoles, 11 de junio de 2025				
Topic: "Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) variedad Puca Shungo con la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal a diferentes dosis de fertilización edáfica en el Centro experimental San Francisco – cantón Huaca				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o
Investigación.**

Autor: Geovanna Micaela Benavides Nazamues

Fecha de recepción del abstract: Lunes, 9 de junio de 2025

Fecha de entrega del informe: Miércoles, 11 de junio de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros

Docente responsable del

CIDEN

ANEXO 3. Costos de producción

Sistema:		Semi-tecnificado		Centro Experimental San Francisco	UPEC Geovanna Benavides
Área: 1 221 m ²				Lugar	
				Responsable	
Materiales	Unidades	Medida	Costo unitario	Costo total	
Mano de obra					92
Adecuación del sitio (Tractor)	1	Unidad	20	20	
Aporque	2	Personal	12	24	
Cosecha	4	Personal	12	48	
Materiales					275.5
Resid HC (Microorganismos)	1	Unidad	48	48	
BlueN (Microorganismos)	1	Unidad	50	50	
Piola	1	Unidad	5	5	
Estacas	134	Unidad	0.25	33	
Letreros	33	Unidad	1.50	49.5	
Equipos					61
Tanque de 500 l	1	Unidad	30	30	
Bomba de mochila	1	Unidad	20	20	
Flexómetro	1	Unidad	5	5	
Calibrador pie de rey	1	Unidad	6	6	
Insumos					389.85
Fertilizante (Abono)	2	Unidad	40	80	
Control químico (Fumigaciones)					309.85
Análisis					43
Análisis de suelo	1	Unidad	43	43	
			Costo Total		\$861.35

ANEXO 4. Análisis de suelo



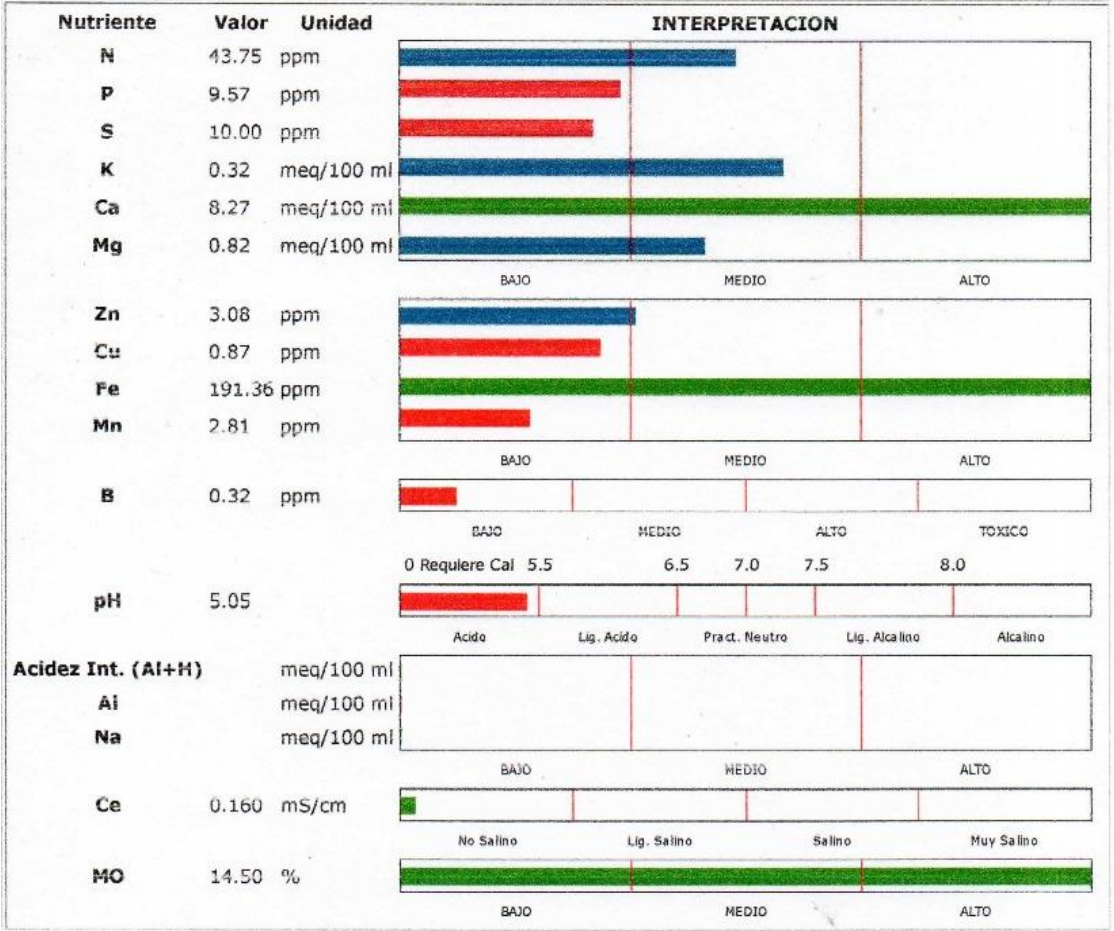
L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GUILLERMO JÁCOME SARCHI Ciudad: Huaca Teléfono: 0982501591 Fax:		DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Carchi Cantón: Huaca Parroquia: Sitio: Centro Experimental UPEC	
DATOS DEL LOTE Sitio: Centro Experimental UPEC Superficie: Número de Campo: Muestra #1 Cultivo Actual: A Cultivar:		DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11762 Tipo de Análisis: Completo + T Muestra: Suelo, muestra 1 Fecha de Ingreso: 2023-12-27 Fecha de Reporte: 2024-01-04	



Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural		
Mg	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
10.09	2.56	28.41	9.41		53.20	36.00	10.80

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
 Responsable Laboratorio



ANEXO 5. Proceso experimental



Figura 7. Preparación del terreno



Figura 8. División de parcelas



Figura 9. Siembra



Figura 10. Desinfección



Figura 11. Insumos



Figura 12. Fertilización



Figura 13. Microorganismos



Figura 14. Variedad de papa



Figura 15. Cosecha



Figura 16. Peso de tubérculo



Figura 17. Peso categorías

ANEXO 6. Costos de producción por hectárea

Tratamientos	Rendimiento	Valor producción	Valor producción	Valor producción	Ingreso	Costo por	Costo	Beneficio
	Kg/Ha	USD/saco	USD/saco	USD/saco	Venta total	tratamiento	Beneficio	Directo
100% + Resid Hc	15510,19	20	17	3	5568,90	2073,03	2,69	1,69
75% + Resid Hc	11806,84	20	17	3	5006,39	1948,03	2,57	1,57
Resid Hc	6802,77	20	17	3	2174,58	1573,03	1,38	0,38
100% + BlueN	13640,08	20	17	3	4320,12	2061,36	2,10	1,10
75% + BlueN	12379,25	20	17	3	4269,56	1936,36	2,20	1,20
BlueN	6103,33	20	17	3	1990,69	1561,36	1,27	0,27
100% + BlueN + Resi Hc	18236,95	20	17	3	6658,39	2081,36	3,20	2,20
75% + BlueN + Resid Hc	16859,29	20	17	3	6130,72	1956,36	3,13	2,13
BlueN + Resid Hc	8443,91	20	17	3	2740,52	1581,36	1,73	0,73
100% NPK	6060,95	20	17	3	1917,44	1886,36	1,02	0,02
0% NPK	4149,83	20	17	3	1001,76	1386,36	0,72	-0,28

ANEXO 7. Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad de varianzas

Variable		NORMALIDAD		HOMOGENEIDAD DE	
		Prueba de Shapiro		VARIANZAS	
		SI	NO	SI	NO
Altura	1	0.06948		0.05814	
	2	0.533		0.7545	
	3	0.592		0.4364	
	4	0.2932		0.9187	
	5	0.9766		0.4662	
	6	0.9808		0.09843	
	7	0.7084		0.2699	
Tallos	1	0.3267		0.1055-0.106	
	2	0.1051		0.5808-0.8449	
	3	0.3082		0.4955-0.2287	
	4	0.2655		0.6326-0.9584	
	5	0.7735		0.5037-0.4743	
	6	0.08331		0.6832-0.5887	
	7	0.6545		0.7823-0.5143	
Diámetro	1	0.2904		0.3299	
	2	0.3861		0.9932	
	3	0.4343		0.3247	
	4	0.4099		0.5962	
	5	0.6417		0.07918	
	6	0.3192		0.1476	
	7	0.6837		0.5485	
Rendimiento C1 PN		0.2057		0.05722	
Rendimiento C2 PN		0.9115		0.1971	
Rendimiento C3 PN		0.03642		0.1316	
Rendimiento PN		0.4524		0.1631	
# Tuberculos C1 PN		0.82374		0.09522	
# Tuberculos C2 PN		0.05478		0.5998	
# Tuberculos C3 PN		0.2262		0.3158	
# Tuberculos PN		0.7037		0.0574	
Peso prom C1 PN		0.01242		0.6808	
Peso prom C2 PN		0.9888		0.5964	
Peso prom C3 PN		0.05334		0.8691	
Peso promedio PN		0.1886		0.4825 - 0.1101	
Rendimiento C1 UE		0.9218		0.6053	
Rendimiento C2 UE		0.876		0.4717	
Rendimiento C3 UE		0.4388		0.6729	
Rendimiento UE		0.001147		0.1134	
Rendimiento C1 ha		0.9217		0.605	
Rendimiento C2 ha		0.8738		0.4714	
Rendimiento C3 ha		0.4637		0.6758	
Rendimiento ha		0.2854		0.872	

Nota. dds: días después de la siembra.

ANEXO 8. Script para realizar el análisis estadístico en R Studio de un DBCA con arreglo factorial 4x3

```
library(agricolae)
#Cargar los datos
dbca=read.delim("clipboard",header=TRUE,
               colClasses=c("factor","factor","factor","numeric","numeric"))
attach(dbca)
str(dbca)
summary(dbca)
boxplot(Alt.1 ~ Micro*Fert)
#Ejecutar el ANOVA
anova<- aov(Alt.1~Bloq+Fert*Micro,data=dbca)
summary(anova)
cv.model(anova)
#Supuestos
plot(anova,2)
shapiro.test(residuals(anova))
shapiro.test(anova$residuals)
plot(anova,1)
bartlett.test(Alt.1~Micro,data=dbca)
bartlett.test(Alt.1~Fert,data=dbca)
bartlett.test(Alt.1~interaction(Micro,Fert),data=dbca)
# Tukey para cada factor
HSD.test(anova, "Fert", console=T)
HSD.test(anova, "Micro", console=T)
# Tukey para la interacción
HSD.test(y=Alt.1,
        trt=Micro:Fert,
        DFerror=anova$df.residual,
        MSerror=deviance(anova)/anova$df.residual,
        group=TRUE,
```

```

        console=TRUE)
#Grafica factores
#Comparacion de medias
tukey_e <- HSD.test(anova, "Fert", console=T)
tukey_e$groups
#Resumir los datos
install.packages("tidyverse")
library(tidyverse)
resumen <- dbca %>% group_by(Fert) %>%
  summarise(promedio=mean(Alt.1),de=sd(Alt.1),r=length(Alt.1)) %>%
  arrange(desc(promedio))
#Pasar las letras de agrupacion Tukey (0.05)
resumen$grupo <- tukey_e$groups$groups
#Elaborar la grafica de barras
library(ggplot2)
resumen$Fert <- factor(resumen$Fert, levels = resumen$Fert[order(-resumen$promedio)])
ggplot(resumen, aes(x = Fert, y = promedio)) +
  geom_bar(stat = "identity", fill = "gray", colour = "black", width = 0.50) +
  geom_errorbar(aes(ymin = promedio - de, ymax = promedio + de), width = 0.25) +
  geom_text(aes(y = promedio + de, label = grupo), vjust = -0.5) +
  geom_text(aes(y = 0, label = round(promedio, 2)), vjust = -0.5) +
  labs(x = "Tratamientos", y = "Número de hojas") +
  theme_classic()
#Grafica interaccion
#Comparacion de medias
tukey_e <- HSD.test(y=Alt.1,
  trt=Micro:Fert,
  DFerror=anova$df.residual,
  MSerror=deviance(anova)/anova$df.residual,
  group=TRUE,
  console=TRUE)
tukey_e$groups

```

```

#Resumir los datos
install.packages("tidyverse")
library(tidyverse)
resumen <- dbca %>% group_by(interaction(Micro,Fert)) %>%
  summarise(promedio=mean(Alt.1),de=sd(Alt.1),r=length(Alt.1)) %>%
  arrange(desc(promedio))
#Pasar las letras de agrupacion Tukey (0.05)
resumen$grupo <- tukey_e$groups$groups
#Elaborar la grafica de barras
library(ggplot2)
# Reordenar el factor 'Trat' según el promedio de mayor a menor
resumen$`interaction(Micro, Fert)` <- factor(resumen$`interaction(Micro, Fert)`
      , levels = resumen$`interaction(Micro, Fert)`
      [order(-resumen$promedio)])
ggplot(resumen, aes(x = `interaction(Micro, Fert)`, y = promedio)) +
  geom_bar(stat = "identity", fill = "gray", colour = "black", width = 0.50) +
  geom_errorbar(aes(ymin = promedio - de, ymax = promedio + de), width = 0.25) +
  geom_text(aes(y = promedio + de, label = grupo), vjust = -0.5) +
  geom_text(aes(y = 0, label = round(promedio, 2)), vjust = -0.5) +
  labs(x = "Tratamientos", y = "Número de hojas") +
  theme_classic()

```