

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola, con el empleo de microorganismos en el Centro Experimental San Francisco, cantón Huaca”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del

título de Ingeniera en Agropecuaria

AUTORA: Huacanes Rosero Martha Elizabeth

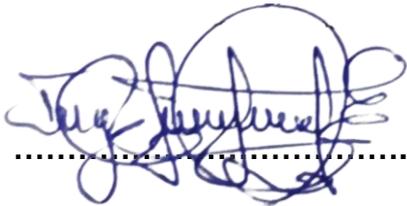
TUTOR: Ing. Mora Quilismal Segundo Ramiro MSc.

Tulcán, 2022

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Martha Elizabeth Huacanes Rosero con número de cédula 040211816-0 ha elaborado bajo mi dirección el TIC titulado: “Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola, con el empleo de microorganismos 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, por lo tanto, autorizo la sustentación de la presentación para la calificación respectiva.



Ing. Mora Quilismal Segundo Ramiro MSc.

TUTOR

Tulcán, septiembre de 2022

AUTORIA DE TRABAJO

El presente TIC constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, Martha Elizabeth Huacanes Rosero con cédula de identidad número 040211816-0 declaro: que la investigación es absolutamente original, autentica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.


.....

Huacanes Rosero Martha Elizabeth

AUTORA

Tulcán, septiembre de 2022

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Martha Elizabeth Huacanes Rosero declaro ser autora de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: “Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola, con el empleo de microorganismos en el Centro Experimental San Francisco, cantón Huaca” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.


.....

Huacanes Rosero Martha Elizabeth

AUTORA

Tulcán, septiembre de 2022

AGRADECIMIENTO

A Dios, por concederme la sabiduría en cada instante de mi vida, por darme la fortaleza necesaria para poder cumplir mis metas.

A mi familia, especialmente a mis padres, quienes con sus sabios consejos, su amor y apoyo incondicional, me motivaron a seguir adelante.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales, Escuela de Ingeniería Agropecuaria a quien le debo mi formación profesional.

A los docentes quienes hicieron parte de mi formación académica de manera especial a mi tutor Ing. Ramiro Mora quien supo guiarme y brindarme su conocimiento para culminar con éxito la investigación.

A mis compañeros y amigos con quienes he compartido las mejores experiencias.

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme por el buen camino, por brindarme la fortaleza y sabiduría en cada instante de mi vida.

A mis padres, Francisco y Martha, por ser un ejemplo de vida, por su comprensión y apoyo en todo momento, por la confianza depositada en mí, su esfuerzo y sacrificio para darme la oportunidad de continuar con mis estudios, para llegar a culminar mi profesión.

A mis hermanos, por sus palabras de aliento y por acompañarme en el transcurso de este proceso.

A mis sobrinos por el apoyo emocional que necesitaba en mi día a día para seguir adelante y poder cumplir mis objetivos trazados.

ÍNDICE

RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
I. PROBLEMA.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos.....	18
1.4.3. Preguntas de investigación.....	18
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	19
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	19
2.2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.2.1. Cultivo de papa.....	20
2.2.1.1. Origen.....	20
2.2.1.2. Importancia.....	20
2.2.1.3. Clasificación taxonómica.....	21
2.2.1.4. Descripción morfológica.....	21
2.2.1.5. Etapas fenológicas del cultivo de papa.....	22
2.2.1.6. Labores agronómicas y culturales del cultivo.....	23

2.2.1.7.	Variedad Superchola	24
2.2.1.8.	Plagas y enfermedades	26
2.2.1.9.	Requerimientos edafoclimáticos	26
2.2.1.10.	Requerimientos nutricionales del cultivo de papa.....	27
2.2.2.	Biofertilizantes	27
2.2.2.1.	Micorrizas	27
2.2.2.2.	Microorganismos solubilizadores de fósforo	30
2.2.2.3.	Fertilización química.....	32
III.	METODOLOGÍA.....	34
3.1.	ENFOQUE METODOLÓGICO	34
3.1.1.	Enfoque.....	34
3.1.2.	Tipo de investigación	34
3.2.	HIPOTESIS.....	34
3.2.1.	Hipótesis afirmativa (Ha)	34
3.2.2.	Hipótesis nula (Ho)	34
3.3.	DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	34
3.3.1.	Definición de variables.....	35
3.3.2.	Operacionalización de variables	36
3.4.	MÉTODOS UTILIZADOS	39
3.4.1.	Localización del experimento.....	39
3.4.2.	Superficie del ensayo	39

3.4.3.	Descripción y caracterización del ensayo	39
3.4.4.	Características del ensayo.....	39
3.4.5.	Tratamientos.....	40
3.4.6.	Distribución de los tratamientos	41
3.4.7.	Población y muestra	41
3.5.	Variables evaluadas	42
3.5.1.	Variables independientes	42
3.6.	Variables dependientes	43
3.7.	Manejo del experimento	44
3.8.	Análisis estadístico	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1.	RESULTADOS.....	47
4.1.1.	Porcentaje promedio de emergencia de plantas 35 días post siembra.	47
4.1.2.	Número de tallos	48
4.1.3.	Diámetro de tallo	49
4.1.4.	Altura de la planta.....	50
4.1.5.	Número total de tubérculos en la cosecha	51
4.1.6.	Número de tubérculos categoría primera, segunda y tercera.....	52
4.1.7.	Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta)	53
4.1.8.	Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) categoría primera, segunda y tercera	54
4.1.9.	Relación Costo/beneficio	56

4.2. DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. CONCLUSIONES	59
5.2. RECOMENDACIONES	60
VI. REFERENCIAS.....	61
VII. ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la papa.....	21
Tabla 2. Características morfológicas de la papa variedad Superchola	24
Tabla 3. Características agronómicas de la variedad Superchola.	25
Tabla 4. Características de calidad de la variedad Superchola	25
Tabla 5. Plagas y enfermedades de la papa	26
Tabla 6. Requerimientos edafoclimáticos	26
Tabla 7. Recomendaciones de fertilización	27
Tabla 8. Composición de Safer Micorrizas	29
Tabla 9. Composición de micorrizas autóctonas	30
Tabla 10. Composición de Fosfotic	31
Tabla 11. Composición de la fertilización química.....	33
Tabla 12. Operacionalización de variables.....	36
Tabla 13. Características del ensayo	40
Tabla 14. Tratamientos en el ensayo	40
Tabla 15. Representación del análisis de varianza	46
Tabla 16. Análisis de varianza para la variable número de tallos.	48
Tabla 17. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo	49
Tabla 18. Análisis de varianza para la variable altura de planta.	50
Tabla 19. Análisis de varianza variable número total de tubérculos	51
Tabla 20. Análisis de varianza para la variable número de tubérculos categoría primera, segunda y tercera	52

Tabla 21. Rendimiento promedio de cosecha	54
Tabla 22. Análisis de varianza para la variable rendimiento promedio de cosecha categoría primera, segunda y tercera.....	55
Tabla 23. Relación costo beneficio de cada tratamiento	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Morfología de la planta de papa	21
Figura 2 Distribución de tratamientos	41
Figura 3 Diseño de la unidad experimental y ubicación de la parcela neta.....	42
Figura 4 Porcentaje de germinación a los 35 días post siembra	47
Figura 5 Número de tallos a los 40, 60 y 80 dds	48
Figura 6 Diámetro del tallo a los 40,60 y 80 días.....	50
Figura 7 Altura de planta a los 40, 60 y 80 dds	51
Figura 8 Número total de tubérculos en la cosecha.....	52
Figura 9 Número de tubérculos categoría primera, segunda y tercera	53
Figura 10 Rendimiento Total (kg/planta) promedio de cosecha.....	54
Figura 11 Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) categoría primera, segunda y tercera.....	56

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1 Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	66
Anexo 2 Certificado del abstract por parte de idiomas	67
Anexo 3 Análisis de suelo	69
Anexo 4 Costos de producción del cultivo de papa	70

Anexo 5 Elaboración de surcos.....	72
Anexo 6 Siembra	72
Anexo 7 Desinfección previa al retape	72
Anexo 8 Deshierbe y medio aporque	73
Anexo 9 Aplicación de Fosfotíc	73
Anexo 10 Recolección de datos	73
Anexo 11 Control de plagas y enfermedades.....	74
Anexo 12 Cosecha.....	74

RESUMEN

La investigación se realizó entre los años 2021 y 2022 en el cantón Huaca, provincia del Carchi, se evaluó las diferentes alternativas de fertilización con el empleo de bacterias solubilizadoras de fósforo (Fosfotic), Micorrizas (Safer Micorrizas- HMA) con el objetivo de reducir el empleo de fertilizantes fosfóricos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola, el experimento fue realizado en el Centro Experimental San Francisco en condiciones de campo abierto, utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones con un total de 20 unidades experimentales. Las alternativas fueron evaluadas en unidad y combinadas con la dosis promedio de fertilización química NPK empleada en la región. Se evaluaron las variables: altura de planta, diámetro de tallo, número de tallos, número de tubérculos, peso de tubérculo y relación costo beneficio. Para el análisis estadístico se empleó el programa Statistix 8.0 y para la comparación de medias se hizo uso de la prueba de Tukey al $p < 0,05$. Con este estudio se obtuvieron resultados positivos en el tratamiento T3 (Micorrizas comerciales + 50%NPK) debido a que presenta un rendimiento de $38,43 \text{ t ha}^{-1}$ y en la categoría primera presentó un promedio en número de tubérculos de (6,58) con un rendimiento (1,38 kg/planta), de acuerdo con el análisis económico obtuvo rentabilidad de 0,88 USD por cada dólar de inversión.

Palabras clave: micorrizas, bacterias, sostenibilidad.

ABSTRACT

This research was carried out between 2021 and 2022 in the Huaca canton, province of Carchi. Different fertilization alternatives were evaluated through the use of phosphorus-solubilizing bacteria (Fosfotic), Mycorrhizae (Safer Mycorrhizae- HMA) to reduce the use of phosphoric fertilizers in the cultivation of potato (*Solanum tuberosum* L.) variety Superchola. The experiment was carried out at the San Francisco Experimental Center under open field conditions, using a randomized complete block design (RCBD) with five treatments and four replications with a total of 20 experimental units. The alternatives were evaluated in unity, and they were combined with the average dose of chemical NPK fertilization used in the region. The evaluated variables were: plant height, stem diameter, number of stems, number of tubers, tuber weight, and cost-benefit ratio. Regarding the statistical analysis, the Statistix 8.0 program was run, and the Tukey test at 5% was used to compare means. Positive results were obtained in the T3 treatment (commercial mycorrhizae + 50% NPK) because it has a yield of 38.43 t ha^{-1} , and in the first category it showed an average number of tubers of (6.58xx) with yield (1.38 kg/plant), according to the economic analysis it obtained profitability of 0.88 USD for every dollar of investment.

Keywords: mycorrhizae, bacteria, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La papa es originaria de los Andes, de zonas de elevadas alturas, actualmente a nivel mundial se cultivan 17×10^6 ha. La producción de papa constituye una fuente importante de alimentos para la población que consume este tubérculo ya sea por sus cualidades alimenticias, contenidos nutricionales y aportes a la salud (INIAP, 2021).

En el Ecuador la papa es uno de los principales cultivos tradicionales, contando con una superficie sembrada de aproximadamente 23 974 hectáreas con un rendimiento promedio de $16,28 \text{ t ha}^{-1}$ (INEC, 2020), representando así los ingresos económicos más significativos para la industria de la agricultura. Las zonas con mayor producción de este cultivo son: Carchi, Tungurahua, Chimborazo, Pichincha y Cañar, siendo Carchi el mayor productor abarcando el 46% de la producción nacional (Cóndor, 2018), las variedades que se cultivan en mayor cantidad son: 37% Superchola, 21% Gabriela, 11% Cecilia, 7% Friepapa, 5% Chaucha.

Los suelos que predominan en la zona andina son de origen volcánico los mismos que contienen imogolita, arcillas alófanas y complejos aluminio-humus, lo que conlleva a tener una alta adherencia de fósforo, consecuentemente genera una alta demanda del elemento durante todo el ciclo fenológico del cultivo de papa de esta manera hace que el consumo de fertilizantes químicos aumente, para poder aportar con la cantidad necesaria del nutrimento (Mora et al., 2019), este elemento es esencial para el rendimiento del cultivo, debido a que promueve varias funciones como la fotosíntesis, nutrición, respiración, almacenamiento, transferencia de energía, división celular y transferencia genética; las cuales ayudan con el incremento de raíces que fortaleciendo la formación de mayor número de tubérculos (Mora et al., 2021).

La zona se encuentra caracterizada principalmente por el uso excesivo de fertilizantes químicos, especialmente por el empleo de elevadas dosis de fertilización fosfórica, esto contribuye a que los suelos se degraden. Haciendo que sea necesaria la evaluación de las diferentes alternativas de biofertilización con el fin de contrarrestar esta problemática.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ecuador se encuentra localizado sobre las cadenas montañosas de la zona andina, siendo así los suelos de origen volcánico, desarrollados sobre materiales piroclásticos depositados por erupciones volcánicas, cuya principal característica es la variedad de material parental debido a la naturaleza de los materiales expulsados (Pincay et al., 2019). El Carchi cuenta con este tipo de suelo el cual tienen la capacidad de inmovilizar el fósforo, este elemento tiene mayor fijación en las partes superiores a los 2000 m.s.n.m. superando el 70% y 95% de adherencia (Flores, 2019).

En la zona norte del Ecuador, para la producción de papa, se realiza con uso intensivo de agroquímicos, en especial el empleo de elevadas dosis de fertilización fosfórica (Negrete & Caviedes, 2011). Lo que contribuye a la degradación de los suelos con incrementos en los costos de producción sin que haya buenos rendimientos y peor aún ganancias económicas.

El desconocimiento científico-técnico con alternativas de manejo especialmente en el rendimiento y calidad de la producción de los productores de papa, ha hecho que se deteriore la agricultura como estrategia para neutralizar el declive de la calidad ambiental por medio del mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas (Beltrán, 2014).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Carchi, presenta suelos Andisoles los cuales fijan el fósforo, para producir papa los agricultores utilizan un excesivo uso de fertilizantes fosfóricos, ocasionando la degradación de suelos e incrementándose los costos y con bajos rendimientos productivos. El desconocimiento científico-técnico con alternativas de manejo ha hecho que se deteriore la agricultura como estrategia para neutralizar el declive de la calidad ambiental por medio del mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Una de las alternativas para la asimilación del fósforo de los suelos Andisoles para que sea absorbido por las plantas es el uso de microorganismos que solubilizan el fósforo, los productores de papa deberían hacer uso de estas nuevas alternativas adquiriendo técnicas y conociendo dosificaciones que lleven a mejorar las producciones.

Con el empleo de alternativas como micorrizas comerciales, micorrizas autóctonas y bacterias solubilizadoras de fósforo se pretende reducir el uso excesivo de fertilizantes fosfóricos, mejorando la calidad de los suelos a la vez disminuyendo costos de producción e incrementando el rendimiento con beneficios económicos.

Los productores con la adquisición de nuevos conocimientos científico-técnico acerca de alternativas de biofertilización pretenden mejorar la calidad y la productividad del cultivo de papa y de esta manera se tecnifica la agricultura, con estas estrategias mejoraran la calidad ambiental haciendo que se mantenga el equilibrio en los ecosistemas.

Esta investigación permitirá ofrecer nuevas alternativas de biofertilización para el cultivo de papa con el empleo de microorganismos que solubilizan el fósforo, los cuales permiten reducir el uso intensivo de agroquímicos, incrementando la solubilidad de fósforo y aprovechando los nutrimentos existentes en el suelo, a la vez proporcionando al agricultor una alternativa de calidad para un mejor manejo de los cultivos.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola, con el empleo de microorganismos en el Centro Experimental San Francisco, Huaca.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la biofertilización con microorganismos solubilizadores de fósforo y micorrizas sobre el rendimiento del cultivo de papa variedad Superchola.
- Determinar el efecto de la mejor combinación de los biofertilizantes sobre el desarrollo y el rendimiento agrícola del cultivo de papa variedad Superchola
- Valorar el efecto económico costo beneficio de los tratamientos en estudio.

1.4.3. Preguntas de investigación

¿Cuál es el efecto de la biofertilización, sobre el rendimiento del cultivo de papa?

¿Cuál es el tratamiento que causa una mayor efectividad para la producción de papa?

¿Cuál de los tratamientos en estudio genera una mayor rentabilidad?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Mora et al., (2021) en la investigación: “Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la papa” donde se evaluaron seis tratamientos con un control fertilizado y diferentes dosis de fósforo más la inoculación con Fosfotic® y Safer Micorrizas®, las variables evaluadas fueron: longitud de tallo, número de tallos brotados, número total de tubérculos por planta y clasificación por calibre y rendimiento; donde los mejores resultados obtenidos fueron el 100% de la fertilización a base de NK+75%P+Fosfotic®+Safer Micorrizas® y con 100% de la fertilización a base de NK+25%P+Safer Micorrizas®; mostrando mayores beneficios económicos.

Bautista, (2015), en la investigación “Evaluación de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos, en la productividad del cultivo de papa *Solanum tuberosum*, variedad Superchola, en San Agustín, parroquia Pintag, cantón Quito, provincia Pichincha”, donde evaluó la respuesta del cultivo a la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos, la rentabilidad de cada tratamiento. Obteniendo mejores resultados en cuanto a emergencia y altura de planta con el tratamiento T4 (bocashi) y en relación a número de tubérculo y número de tubérculo por categoría con el tratamiento T3 (Compost), con una producción de 15 620 Kg/ha, mientras que el tratamiento T1 (Humus) obtuvo los resultados más bajos al final del ensayo, demostrando que la rentabilidad mayor se obtuvo con el tratamiento T3 (Compost).

Almeida, (2014), en la investigación “Efecto de formulaciones biológicas (micorrizas y activadores biológicos) y formulación química (omega 3, 6, 9 más extracto de algas marinas y silicio) en el aprovechamiento del fósforo no soluble del suelo, por parte del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Superchola”, determinó cual es tratamiento que mejora el aprovechamiento y la absorción del fósforo no soluble presente en el suelo mediante la aplicación de formulaciones biológicas; micorrizas y activadores biológicos. Demostró que el tratamiento T2 (Activadores biológicos) genera un efecto positivo sobre el rendimiento de tubérculos y absorción de

nutrimentos. En el rendimiento presentó valores de 55,625 kg ha⁻¹ y un beneficio económico de 0,80 dólares.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cultivo de papa

2.2.1.1. Origen

La papa es originaria de los Andes donde los primeros cultivos datan de hace 6000 y 10000 años, al norte del Lago Titicaca, sur de Perú. A partir de las especies silvestres *Sobukasovii*, *S. canasense* y *S. multissectum* pertenecientes al complejo *S. brevicaule*, originándose la primera papa doméstica *S. stenotomum*, en base a la consiguiente hibridación interespecífica e intervarietal permitiendo ampliar la adaptabilidad y diversidad genética de la papa de. Actualmente los tubérculos cultivados en el mundo son conocidas bajo el nombre de *S. tuberosum* (L. Rodríguez, 2010). Según estudios realizados la papa que tuvo un mejor desarrollo en Ecuador fue la altoandina (*S. Andígena*), ancestralmente el cultivo se empezó a dar en la parte baja de los páramos por el ambiente climático favorable, a una altitud de 3000 y 3500 msnm (Cóndor, 2018).

2.2.1.2. Importancia

En la historia andina la papa en todas sus formas ha sido considerada como un alimento esencial del pueblo, desempeñando un principal papel en la perspectiva andina del mundo (FAO, 2008). La papa es el cuarto cultivo de mayor importancia mundial, luego del arroz (*Oriza sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y maíz (*Zea mays* L.). Actualmente la producción de papa pasa los 300 millones de toneladas, aproximadamente mil millones de personas hacen uso de este el producto (Cóndor, 2018).

2.2.1.3. Clasificación taxonómica

Tabla 1. Taxonomía de la papa

Reino	Plantae
División	Magoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanáceas
Genero	Solanum
Especie	Tuberosum

Fuente: Huacanes, (2017)

2.2.1.4. Descripción morfológica

La planta de papa es herbácea, se encuentra conformada por tallos aéreos y subterráneos, donde se encuentran sostenidas las hojas, flores y tubérculos respectivamente.

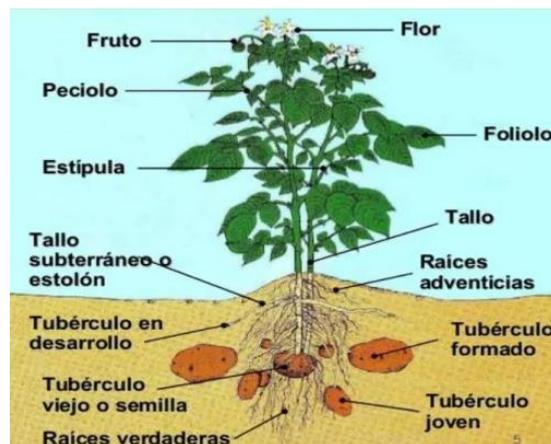


Figura 1 Morfología de la planta de papa
Fuente: Abad, (2018)

Raíces: forma axonomorfa con ramificaciones laterales cuando se desarrollan a partir de una semilla, cuando se desarrollan a partir de tubérculos forman raíces adventicias en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo. Ocasionalmente se forman raíces también en los estolones. Consta de un sistema radicular muy débil (Inostroza et al., 2009).

Tallos: el sistema de tallos se encuentra constituido por tallos, estolones y tubérculos. Las plantas que provienen de una semilla verdadera poseen un tallo principal, mientras que los originarios de tubérculos suelen producir varios tallos. El color del tallo generalmente es verde, sin embargo, puede presentar un color marrón-rojizo o morado. Pueden ser sólidos o parcialmente tubulares (Inostroza et al., 2009).

Estolones: son tallos laterales que se desarrollan de forma horizontal por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. (Inostroza et al., 2009)

Tubérculos: son tallos subterráneos modificados, engrosado, acortado, carnoso provisto de yemas latentes. (Inostroza et al., 2009).

Hojas: presenta hojas compuestas la mismas que se encuentran distribuidas en espiral sobre el tallo, poseen un raquis central y varios folíolos (CITEPAPA, 2017).

Flor: presenta influencias, son bisexuales. El color es variado.

Inflorescencia: se encuentra dividido en dos ramas, donde cada una se subdivide en dos ramas más. formando así una inflorescencia llamada cimosa (Inostroza et al., 2009).

Fruto: es de forma esférica, sin embargo, en algunas variedades son cónico u ovoides, generalmente de color verde y en algunas variedades presenta puntos blancos o pigmentados, o franjas aéreas pigmentadas (Inostroza et al., 2009).

2.2.1.5. Etapas fenológicas del cultivo de papa

Emergencia: a los 15 a 20 dds emergen los brotes, teniendo dependencia sobre las condiciones climáticas y edáfica de la zona donde se implante el cultivo (Flores, 2019).

Desarrollo: ocurre a partir de los 20 a 30 días después de la siembra, en esta etapa hay un crecimiento del follaje y raíces en forma sincronizada (Flores, 2019).

Tuberización: se observa durante los 30 a 45 dds, inicia con el engrosamiento de la punta de los rizomas, formándose en la parte final de los estolones (Flores, 2019).

Llenado de tubérculos: esta etapa se presenta entre los 45 a 90 dds, los tubérculos aumentan de tamaño y peso, acumulando agua, nutrientes y carbohidratos (Flores, 2019).

Maduración: inicia con la caída progresiva del follaje, las hojas viejas toman un color amarillo, para progresivamente pasar a un color café, la epidermis del tubérculo comienza a engrosar, ya que el tubérculo ya se constituye con un alcance máximo de desarrollo (Flores, 2019).

2.2.1.6. Labores agronómicas y culturales del cultivo

Preparación de suelo: se debe realizar por lo menos 3-4 meses antes de la siembra. Un factor esencial son las condiciones físicas del suelo donde la textura propicia son suelos franco-arenosos profundos (Vignola et al., 2017).

Elaboración de surcos o surcada: es recomendable no preparar el suelo en seco, hacer uso del subsolador a 40 cm, surquear a nivel de forma manual o mecánica.

Siembra: consiste en colocar la semilla especialmente con los brotes hacia arriba.

Tapado: consiste en colocar una capa de tierra entre 5-10 cm de espesor.

Retape: labor realizada entre los 15 y 21 días, ayuda con la incorporación de la fertilización y control de malezas.

Deshierbe o medio aporque: se realiza ente los 40 y 50 días, consiste en la remoción de suelo alrededor de la planta con el fin de aflojar la tierra endurecida, eliminación de malezas y corregir un mal tapada de semilla (Otiniano, 2018).

Aporque: labor realizada entre los 90 y 110 días o cuando la planta a alcanzado los 40-50 cm de altura, cumple una función similar al deshierbe, además brinda un ambiente adecuado para la tuberización, da la forma definitiva a los surcos (Otiniano, 2018).

2.2.1.7. Variedad Superchola

2.2.1.7.1. Origen genético:

Creada por el Sr. German Bastidas Vaca, agricultor del cantón Montufar, provincia del Carchi esta variedad es proveniente de los cruzamientos con la variedad Curipamba Negra x Solanum demissum x clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada), y posteriormente fue difundida a nivel nacional (Flores, 2019).

2.2.1.7.2. Características morfológicas

En la tabla 2 se observa las características morfológicas de la papa variedad Superchola.

Tabla 2. Características morfológicas de la papa variedad Superchola

Hojas y follaje	Disectadas con ocho de foliolos laterales, un par de interhojuelas entre foliolos laterales.
Tallo	Pigmentado con color poco verde y con alas onduladas.
Flor	Floración profusa, color predominante lila, el color secundario es blanco con una distribución en forma de estrella.
Raíz	formada a partir de semilla tubérculo, no hay presencia de una raíz principal y posee muchas raíces adventicias.
Tubérculo	Forma oblongo alargado, color rojo de la piel, piel de color amarillo.
Fruto	Forma ovoide, color verde con abundantes puntos blancos.

Fuente: Rivadeneira et al., (2021)

2.2.1.7.3. Características agronómicas

Presenta una resistencia a tizón tardío, con un rendimiento promedio de 33,43 t/ha⁻¹ con una variación de 23,50 y 48,28 t/ha⁻¹ dependiendo de las condiciones edafoclimáticas y el manejo.

Tabla 3. Características agronómicas de la variedad Superchola.

Variables	Descripción		
Días de floración	70 – 90		
Días de cosecha	170 – 180		
Altura promedio	0,75 – 0,95		
Brotación	Múltiple		
Periodo de dormancia (días)	60		
Tubérculos por planta	25 – 40		
Rendimiento kg/planta	0,94 – 1,93		
Clasificación por tamaños	Primera 30-58	Segunda 15-28	Tercera 7-14

Fuente: Rivadeneira et al., (2021)

2.2.1.7.4. Características de calidad

Las características de calidad de la variedad se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Características de calidad de la variedad Superchola

Características	Promedio
Materia seca (%)	21,87
Azúcares reductores (%)	0,18
Proteína (%)	6,15
Polifenoles (mg/g)	1,47
Carotenoides (ug/g)	27,51
Fibra (%)	2,43
Zn (ppm)	12,00
Fe (ppm)	25,00
Mn (ppm)	16,00
K (%)	1,78
Ca (%)	0,06
P (%)	0,18
Mg (%)	0,18
Na (%)	0,01
Cu (ppm)	4,00
Vitamina C (mg/100g)	35,00

Fuente: Rivadeneira et al., (2021)

2.2.1.8. Plagas y enfermedades

El cultivo de papa generalmente se encuentra afectado por diversos organismos que en determinadas condiciones causan daño en la planta como a nivel económico. Los patógenos afectan en la calidad y rendimiento las cosechas, alterando el desarrollo de las plantas, causando pudriciones o malformaciones afectando la apariencia comercial y la características de la calidad culinaria del tubérculo (ADAMA, 2021).

Tabla 5. Plagas y enfermedades de la papa

Nombre	Agente causal
Plaga	
Mosca minadora	<i>Liriomyza huidobrensis</i>)
Polilla de la papa	<i>Phthorimaea operculella</i>
Gusano blanco	<i>Premnotrypes vorax</i>
Enfermedades	
Tizón tardío o lancha	<i>Phytophthora infestans</i>
Alternaria o tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>
Roya	<i>Puccinia pittieriana P. Henn</i>
Rhizoctoniasis o costa negra	<i>Rhizoctnia solani Kühn</i>

Fuente: Pumisacho & Sherwood, (2002)

2.2.1.9. Requerimientos edafoclimáticos

En la tabla 6 se muestran los requerimientos óptimos para implementar un cultivo de papa.

Tabla 6. Requerimientos edafoclimáticos

Requerimientos edafoclimáticos de la papa	
Altitud	2600 – 3600 msnm
Temperatura	Desarrollo: 13 -20°C Inicio tuberización: <15°C Tuberización: 13 – 20°C
Precipitación	600 a 1500mm
Suelo	Franco, buen drenaje, profundo (30-35cm) alto contenido de materia orgánica
Ph	5-6

crecimiento activo con algún tipo de hongo micorrícico. Fusión que se realiza con el proceso de inoculación gracias al uso de esporas o micelio (Acosta, 2021).

Función de las micorrizas

Las micorrizas cumplen o facilitan la absorción y adquisición de agua y principalmente los nutrientes como nitrógeno y fósforo, sin embargo, proporcionan otros tipos de beneficios a las plantas como: protección ante el ataque de parásitos, hongos patógenos y nematodos, influyendo directamente con elaboración de sustancias defensivas por parte de la planta, la limitación de la absorción de metales pesados tóxicos como el zinc y el cadmio que son alojados en sus hifas, incrementan el área de exploración de la raíz, lo que hace que el flujo de agua del suelo se incremente y la vez el desarrollo de la planta (Chulde, 2019). Las micorrizas actúan sobre las plantas incrementando el volumen, alcanzando superficies mayores para actuar en la rizosfera.

Tipos de micorrizas

Ectomicorrizas: conocidas también como formadoras de manto, formada por dos hongos los cuales son Basidiomicetes y Ascomicetes, los mismos que con su unión desarrollan una capa de micelio sobre la zona cortical de las raíces nutricias de la planta formando una especie de red (Acosta, 2021).

Ericomicorrizas: forman una estructura compacta entre las células del hongo y las raíces.

Micorrizas arbusculares: crean una red de arbusculos intracelulares por donde se realizará la transferencia de nutrientes.

Ectendomicorrizas: colonización simbiótica entre hongos y raíces. Formando así un manto cortical tanto interno como externo en el córtex.

2.2.2.1.1. Micorrizas comerciales

Safer-Micorrizas contiene esporas, micelio y propágulos de micorrizas arbusculares de los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Entrophospora*, microorganismos que establecen una asociación con la planta y pueden mejorar el desarrollo y productividad. La inoculación de este producto favorece la absorción de nutrimentos, tolerancia a condiciones de estrés como salinidad, toma de agua, suelos ácidos o básicos y compactación (AGROBIOLÓGICOS, 2017)

Tabla 8. Composición de Safer Micorrizas

Composición	
Especies	<i>Glomus fasciculatum</i> , <i>Glomus mosseae</i> , <i>Glomus manihotis</i> , <i>Scutellospora heterogama</i> , <i>Acaulospora rugosa</i> y <i>Entrophospora</i> .
Sustrato	Suelo libre de patógenos bien desinfectados
Ph	6,0 – 6,5
% Humedad	14 – 18,6
% Raíces colonizadas	70% mínimo
Concentración de esporas	300 esporas/gramo
Dosis	10 g/planta

Fuente: AGROBIOLÓGICOS, (2017)

2.2.2.1.2. Micorrizas autóctonas

Las micorrizas autóctonas pueden estar mejor adaptadas a las condiciones prevalecientes de un entorno determinado, teniendo mayor efectividad que las especies introducidas. De este modo incrementan las posibilidades de que los hongos colonicen la planta y eventualmente promueven su crecimiento (Sagadin, 2019).

Tabla 9. Composición de micorrizas autóctonas

	Microorganismo	Recuento
Bacterias	<i>Bacillus sp.</i>	2×10^2 UFC/g
Fito patógenos
Hongos micorrízicos	<i>Glomus sp</i>	6×10^5 esporas/g
	<i>Gigaspora sp</i>	4×10^4 esporas/g
Hongos y levaduras	<i>Rhizopus sp.</i>	3×10^2 UFC/g

Fuente: Agromundo, (2018)

2.2.2.2. Microorganismos solubilizadores de fósforo

El fósforo es un elemento fundamental para el crecimiento vegetal constituyendo así el 0,2% del peso seco de la planta. En las producciones agrícolas la disponibilidad de este elemento es cada vez más limitada por la carencia de sus fuentes naturales, limitadas fuentes edáficas, retención o fijación por parte del suelo y por su baja movilidad, siendo así necesaria la aplicación de fertilizantes fosfóricos al suelo con la finalidad de reemplazar la alta demanda de fósforo (Beltrán, 2014).

Los microorganismos desempeñan un papel significativo en procesos que afectan la transformación y asimilación de fósforo en el suelo y la disponibilidad en las plantas. Para que los inoculantes bacterianos tengan efectividad dependen de la selección de cepas autóctonas eficientes por cada tipo de suelo, su capacidad de colonizar la rizosfera y mantener la actividad biológica (Restrepo et al., 2015).

2.2.2.2.1. Bacterias solubilizadoras de fosfatos

Las bacterias transforman los fosfatos insolubles a formas solubles por acción de los diferentes mecanismos indirectos o directos (Restrepo et al., 2015). Entre los cuales destacan:

- a) Acción de ácidos orgánicos producidos por microorganismos
- b) Remisión de los elementos encargados de insolubilizar los fosfatos.

- c) Asimilación directa de fosfatos insolubles por microorganismos que lo acumulan en sus células y posteriormente son liberados.

Los hongos y bacterias actúan como solubilizadores de diferentes compuestos como fosfatos de calcio, hierro y aluminio haciendo disponible el fósforo para las plantas. Los hongos que cuentan con la capacidad de solubilizar el fósforo son variados, entre los cuales están *Aspergillus*, *Fusarium*, *Sclerotium* los cuales son patógenos. Un segundo se encuentra constituido por los *Actinomycetes* que son productores de sustancias antibióticas y las bacterias entre ellas se encuentran *Bacillus*, *Flavobacterium* y *Pseudomonas* (Oviedo & Iglesias, 2005)

Las bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF) cuando cumplen su función, favorecen el crecimiento vegetal. Los géneros bacterianos que cuentan con esta capacidad son: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achroobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Flavobacterium* y *Erwinia* (H. Rodríguez & Fraga, 1999)

El Fosfotic es un fertilizante complejo compuesto por bacterias nativas del Ecuador, el cual tiene la capacidad de solubilizar el fósforo retenido en el suelo convirtiéndolo en disponible y asimilable para la planta.

Tabla 10. Composición de Fosfotic

Composición	Concentración
Bacterias solubilizadoras de fósforo (<i>Bacillus</i> sp, <i>Azotobacter</i> sp, <i>Burkholderia</i> sp, <i>Pseudomonas</i> sp)	40 %
Ingredientes inertes (vitaminas, hormonas, ácidos húmicos)	60 %

Fuente: Agromundo, (2018)

2.2.2.3. Fertilización química

La fertilización química aporta los nutrientes de fácil disponibilidad, para que su uso sea efectivo, siendo necesario contar con buenas condiciones de humedad del suelo. Numerosos estudios señalan que la papa es el cultivo que requiere altas dosis de requerimientos nutricionales (Coro, 2015).

Clasificación de abonos

Abonos simples: aportan un principal fertilizante nitrógeno, fósforo o sólo potasio, o en un máximo de dos, los cuales también se denominan como binarios. Se producen por procesos sencillos como es el caso del sulfato de amonio, urea (Solórzano, 2017).

Abonos compuestos: se elaboran a partir de varios procedimientos, los cuales conducen la obtención de gránulos con una composición nutritiva según las proporciones de materias primas, donde los gránulos poseen la misma proporción de nutrientes (Solórzano, 2017).

Abonos de mezcla o blending: mezcla de sólidos, simples o complejos de manera que luego de ser mezclados cada partícula conserva sus propiedades físicas y químicas. Permiten preparar fertilizantes muy concentrados, con lo que se aplicarían menos cantidades por unidad de superficie (Solórzano, 2017).

2.2.2.3.1. Composición de la fertilización química

En la tabla 11 se observa la composición de la fertilización química de los abonos: Retape 12 – 30 – 16 y Aporque 13 – 00 – 30

Tabla 11. Composición de la fertilización química

	Retape 12 – 30 – 16	Aporque 13 – 00 – 30
Nitrógeno	12%	13%
Fósforo	30 %	0%
Potasio	16%	30%
Magnesio	1,6%	3%
Azufre	1,9%	3,8%
Calcio	1,4%	1,5%
Zinc	0,3%	0,2%
Boro	0,1%	0,3%

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Cuantitativo: se emplea la recolección de datos para probar una hipótesis, en base a la medición numérica y el análisis estadístico.

Cualitativo: se realiza la medición del calibre del tubérculo de cada tratamiento, separándolo por categorías.

3.1.2. Tipo de investigación

Experimental: la investigación se encuentra enfocada en un diseño de bloques completos al azar DBCA.

Campo: el sitio donde se llevó a cabo el estudio en la Centro Experimental San Francisco.

Bibliográfico: se tomó referencia a distinta documentación como: artículos científicos, revistas, libros, páginas web, blogs, etc. Afianzando el conocimiento de las variables propuestas.

3.2. HIPOTESIS

3.2.1. Hipótesis afirmativa (Ha)

Ha: las alternativas de fertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de microorganismos, mejoran el rendimiento en la producción.

3.2.2. Hipótesis nula (Ho)

Ho: las alternativas de fertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de microorganismo, no mejoran el rendimiento en la producción.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Definición de variables

Variable independiente

Biofertilizantes

Fertilización química

Variable dependiente

Cultivo de papa

3.3.2. Operacionalización de variables

Tabla 12. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumento
Variable independiente: Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo, micorrizas.	Micorrizas: bioestimulante radicular para incrementar productividad de plantas y reducir el uso de fertilizantes	En época de siembra, se incorporaron 10 g/semilla	Inoculación al suelo y semilla.	Balanza electrónica
	Micorrizas autóctonas	En época de siembra, se incorporó 10g/semilla	Inoculación al suelo y semilla.	Balanza electrónica
	Fosfotico: complejo de microorganismo solubilizadores de fósforo edáfico.	Aplicación de 25 cc/5L en 60m ² en la siembra, retape, y aporque de	Fumigación.	Bomba de fumigar
Fertilización química	Fertilización química	T0 (Testigo): Aplicación de 35,3 gr/planta en retape y deshierbe. T3 (Micorrizas comerciales + 50% NPK) aplicación de 17,65 gr/planta en retape y deshierbe.	Manual por sitio	Balanza electrónica

Variable dependiente: rendimiento del cultivo de papa	Emergencia de plantas	A los 35 días se observó y contabilizo de forma manual las plantas que emergieron.	Observación, cálculo de porcentaje y registro in situ.	Libro de campo
	Altura de planta	Selección del tallo principal, con ayuda de un flexómetro se midió en cm desde la base del tallo a nivel del suelo hasta la yema apical a los 40, 60 y 80 días	Observación, medición y registro in situ	Cinta métrica, flexómetro, libro de campo.
	Diámetro de tallo	Con el uso de un calibrador o pie de rey, se midió a 2 cm del suelo el tallo etiquetado, a los 40, 60 y 80 días.	Observación Medición y registro in situ	Calibrador (pie de rey) libro de campo
	Número de tallos	Se realizó el conteo y registro de forma manual del número de tallos, a los 40, 60 y 80 días.	Observación conteo y registro in situ	Libro de campo
	Número de tubérculos por planta	En la cosecha se realizó el conteo total de tubérculos planta ⁻¹ en unidades por tratamiento.	Observación, conteo y registro	Libro de campo, ficha de registros
	Clasificación de tubérculos	En la cosecha se clasificó los tubérculos de acuerdo al calibre (primera, segunda, tercera)	Observación y clasificación	Libro de campo

Peso de tubérculos por planta	En la cosecha de acuerdo a la clasificación por calibre se realizó el pesaje de la producción de la parcela neta expresado en kilogramos.	Observación, pesaje y registro	Balanza, ficha de registro
Rendimiento	Una vez realizada clasificación, número, y peso de tubérculos, se llevó los valores a t/ha ⁻¹ y así llevar los rendimientos a costos de producción por hectárea.	Observación	Ficha de registros, computadora
Análisis Económico	Se realiza el análisis económico a partir de los costos de producción y las ganancias brutas.	Fórmula	C/B= Beneficios netos/ costos de inversión

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Localización del experimento

La investigación fue implantada en el Centro Experimental “San Francisco”, ubicado en el cantón Huaca, localizado en la provincia del Carchi, Ecuador. Siendo un área de producción de papa y se ubica en la Latitud N:861310, Longitud W: 10068437 a una altura de 2820 msnm.

3.4.2. Superficie del ensayo

La investigación tuvo una superficie de 525 m², de tal manera que las dimensiones del terreno fueron 21 metros de largo, 25 metros de ancho. Se dividieron en 20 unidades experimentales con la dimensión de 3m x 5m.

3.4.3. Descripción y caracterización del ensayo

La investigación se realizó en condiciones de campo abierto, en donde se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA).

3.4.4. Características del ensayo

En la tabla 13 se detallan las características del ensayo.

Tabla 13. Características del ensayo

Datos del experimento	Dimensiones
Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	4
Área total del ensayo	525 m ²
Número de unidades experimentales	20
Unidad experimental	15 m ²
Parcela neta	3 m ²
Distancia entre surcos	1m
Distancia entre plantas	0,5 m
Distancia entre unidad experimental	1m
Total de plantas por unidad experimental	30
Número total de plantas del experimento	600

3.4.5. Tratamientos

La investigación estuvo conformada por 5 tratamientos los cuales se describen en la tabla 14.

Tabla 14. Tratamientos en el ensayo

Tratamiento	Composición	Descripción
T0	100% NPK (testigo)	35,3 gr/planta aporque y deshierbe
T1	Micorrizas comerciales (Safer micorrizas)	Formulación de micorrizas (10 gr/semilla)
T2	Micorrizas autóctonas	Formulación de micorrizas (10 gr/semilla)
T3	Micorrizas comerciales (Safer Micorrizas) + 50%NPK	Formulación de micorrizas (10gr/semilla) y 17,64 gr/planta aporque y deshierbe
T4	Bacterias solubilizadoras de fósforo BSF (Fosfotic)	Formulación complejo bacterias solubilizadoras de fósforo (25ml/60m2)

3.4.6. Distribución de los tratamientos

La investigación consta de 5 tratamientos con cuatro repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales, los cuales fueron distribuidos como se observa a continuación en la figura 2.

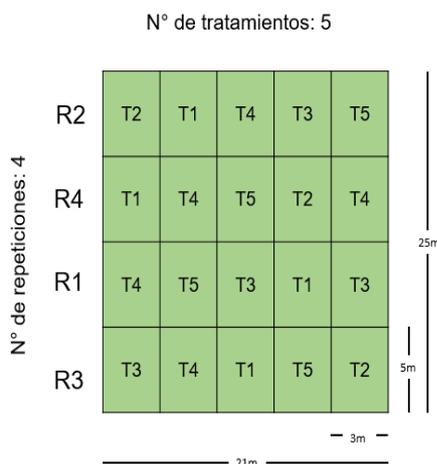


Figura 2 Distribución de tratamientos

3.4.7. Población y muestra

La población de esta investigación estuvo representada en 525m² constituida por un total de 600 plantas de papa. Está dividida en 20 unidades experimentales, cada unidad experimental consta de cinco surcos, cada surco (5m) con 6 plantas, obteniendo un total de 30 plantas por unidad experimental.

La muestra estuvo constituida por la parcela neta, donde se aplicó el efecto de bordes en cada una de las unidades experimentales. La parcela neta es de 3 m² y tiene seis plantas, con un total de 120 plantas evaluadas.

A continuación, en la figura 3, se muestra las características de la distribución de las plantas en una unidad experimental y la parcela neta.

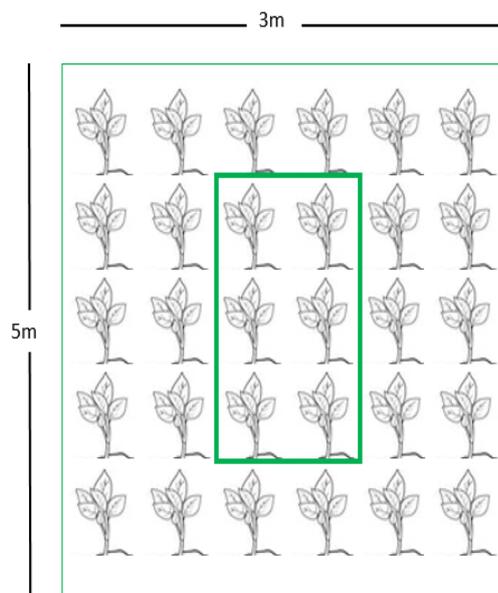


Figura 3 Diseño de la unidad experimental y ubicación de la parcela neta

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Variables independientes

3.5.2. Fertilización química

En el retape y deshierbe se realizó la aplicación de 35,3 gr/planta en tratamiento T0 (Testigo) y 17,65 gr/planta en T3 (Micorrizas comerciales +50%NPK).

3.5.3. Micorrizas

En la siembra se aplicaron 10 gr/semilla en los tratamientos T1 (Micorrizas comerciales) T2 (Micorrizas comerciales) y T3 (Micorrizas comerciales +50%NPK). Aplicando un total de 300gr por cada unidad experimental.

3.5.4. Bacterias solubilizadoras de fósforo

Se utilizó 25ml de Fosfotic en 5 litros de agua en las cuatro unidades experimentales total en 60m², aplicadas en las épocas de: siembra, retape y aporque.

3.6. Variables dependientes

3.6.1. Porcentaje de emergencia de plantas

Se observó in situ las plantas emergidas, llegando a obtener datos de la variable a los 35 días posteriores a la siembra.

3.6.2. Altura de planta

A los 40, 60 y 80 días, se midió las seis plantas de la parcela neta desde la base del tallo hasta el ápice de la planta. La medida fue tomada en centímetros con un flexómetro.

3.6.3. Diámetro del tallo

A los 40, 60 y 80 días se seleccionó el tallo con mejor desarrollo de cada una de las seis plantas de la parcela neta, se lo identificó con una cinta para sus mediciones. La medida fue tomada en centímetros con ayuda de un calibrador o pie de rey.

3.6.4. Número de tallos:

El conteo de los tallos principales se realizó a los 40,60 y 80 días posteriores a la siembra en cada una de las seis plantas tomadas como muestra.

3.6.5. Clasificación de tubérculos

A los 180 días una vez realizada la cosecha de las seis plantas de la parcela neta se clasifico los tubérculos tomando en cuenta el calibre primera, segunda y tercera.

3.6.6. Número de tubérculos por planta

En la cosecha una vez finalizada la clasificación se realizó un conteo manual de tubérculos de cada categoría primera, segunda y tercera de cada una de las seis plantas de la parcela neta.

3.6.7. Peso de tubérculos por planta

En la cosecha tomando en cuenta la clasificación por calibre de las seis plantas de la parcela neta se realizó el pasaje en kilogramos de los tubérculos de cada categoría. Esto se efectuó con ayuda de una balanza.

3.6.8. Análisis económico

Se realizó a partir de los resultados obtenidos por cada tratamiento después de la cosecha, tomando en cuenta los precios establecidos en la provincia del Carchi. Se calcularon los indicadores:

Costos de producción: sumatoria de los gastos generados por las diferentes labores realizadas en el cultivo.

Ganancias brutas: rendimiento del cultivo multiplicado por el precio de venta

Relación Costo/Beneficio: obtenido de la división entre el valor de ganancias brutas y costos de producción.

3.7. Manejo del experimento

3.7.1. Procedimiento

a) Análisis de suelo

Quince días previos a la siembra se realizó el análisis de suelo, tomando 20 submuestras, en distintas partes del área de investigación, en zigzag, posteriormente se las colocó en un recipiente y se procediendo a mezclar, obteniendo así una muestra total del área del ensayo, dichas muestras se enviaron al laboratorio LABONORT, para su respectivo análisis. ANEXO 3

b) Preparación del terreno

En un lote de terreno donde se implanto el ensayo se utilizó un tractor para arar y rastrar, para posteriormente realizar la surcada de forma manual.

c) Instalación del ensayo

Se delimitó un lote de terreno de 525 m² de superficie, se trazaron 20 parcelas de 5m de largo por 3 metros de ancho donde se hicieron 5 surcos seguidamente se colocaron piola y rótulos con sus respectivos tratamientos y repeticiones.

d) Siembra

Se colocó un tubérculo calibre segunda variedad Superchola con una distancia de 50cm entre semilla, con un total de 30 semillas por parcela. Posteriormente se desinfectó la semilla con *Trichoderma*, *Beaveria bassiana* y *Bacillus thuringiensis*.

e) Biofertilización

En la siembra, en el tratamiento T2 se inoculó 10g de micorrizas autóctonas, en T1 y T3 10g de Safer micorrizas.

Se aplicaron 25 cc de Fosfotic por 5 litros de agua en el tratamiento T4, en época de siembra, retape y aporque.

f) Retape

Se realizó a los 20 dds, con el fin de incorporar la fertilización química en los tratamientos T0 (Testigo) 35,3gr/planta y T3 (Micorrizas comerciales + 50%NPK) 17,65 gr/planta, se tomó en cuenta la dosis que el productor de la zona emplea (135kg/ha⁻¹ de N- 335 kg/ha⁻¹ de P- 225 kg/ha⁻¹).

g) Deshierbe

A los 50 dds, se realiza el deshierbe, retirando las malezas de forma manual y con azadón, seguidamente se realiza una alzada de tierra o medio aporque a la planta con la finalidad de dar soporte y aflojar la tierra.

h) Aporque

A los 90 días dds, se realizó la alzada de tierra alrededor de la planta de forma definitiva dando origen a los surcos y genera un buen ambiente para la tuberización.

i) Cosecha

Se realizó la cosecha de forma manual con azadón a los 180 días, de las seis plantas de la parcela neta de cada tratamiento para realizar la clasificación por calibre, conteo y pesaje de tubérculos.

j) Comercialización

La producción se comercializó en el lugar según el calibre, la de primera 23 Dólares el quintal de 50 kilogramos, de segunda a 14 dólares el quintal y de tercera a 3 dólares el quintal.

3.8. Análisis estadístico

Para realizar el análisis de las variables evaluadas se utilizó el programa estadístico Statistix 8.0, estudio que se llevó a cabo con ANAVA mediante la prueba de Tukey al 5%, ya que la investigación estaba basada en un diseño de bloques completos al azar. Luego de realizado el análisis respectivo se procedió a interpretar los datos de acuerdo con las distintas variables estudiadas

Tabla 15. Representación del análisis de varianza

Fuentes de variación	Fórmula	Grados de libertad
Total	$T-r-1$	19
Tratamientos	$T-1$	4
Repeticiones	$r-1$	3
Error	$(T-1)(r-1)$	12

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Porcentaje promedio de emergencia de plantas 35 días post siembra.

En la etapa de emergencia se realizó la toma de datos respectiva determinando que existe diferencias significativas entre tratamientos, se observó que algunas plantas no emergieron debido a la pudrición presentada en la semilla.

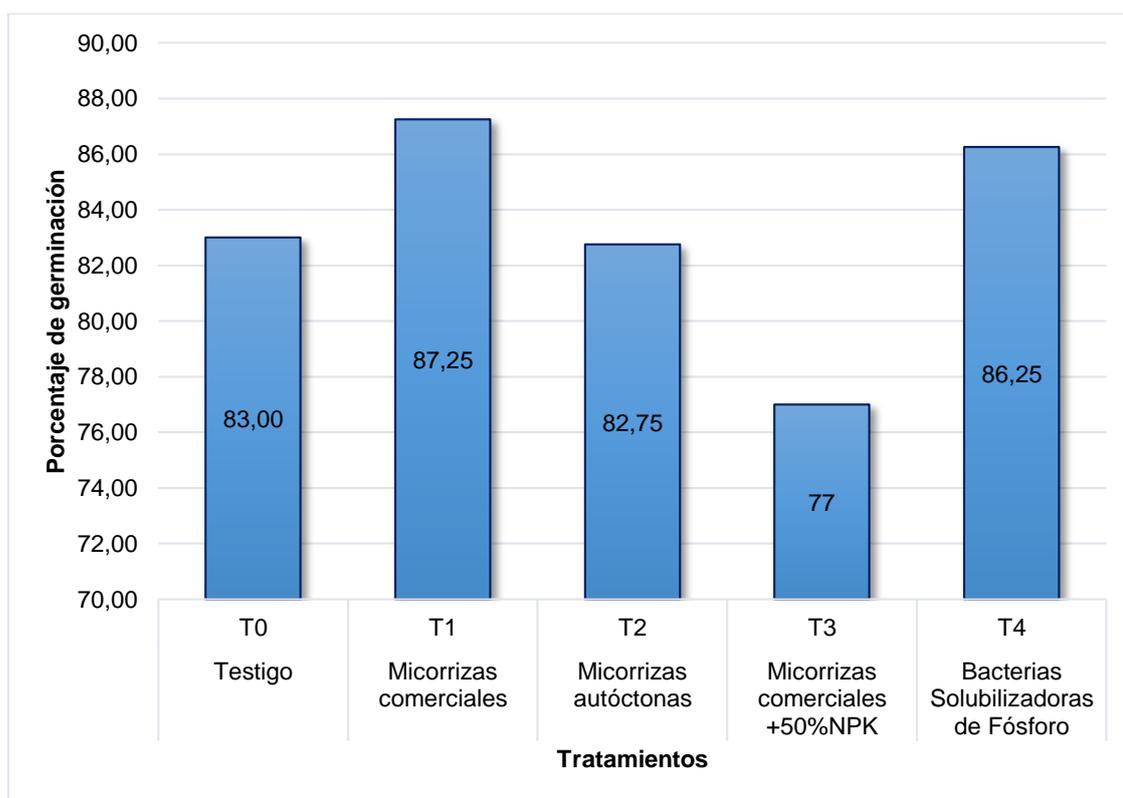


Figura 4 Porcentaje de germinación a los 35 días post siembra

En la figura 4, se muestra los tratamientos con mayor porcentaje de germinación siendo el tratamiento T1 (Micorrizas comerciales) con un valor de 87,25% y T4 (Bacterias solubilizadoras de fósforo) con un valor de 86,26%, sin embargo, en el tratamiento T3 (Micorrizas comerciales+50%NPK) hubo mayor incidencia de semilla no germinada.

4.1.2. Número de tallos

En la variable número de tallos se realizó el ANAVA, el cual presenta en la tabla 16 donde se determinó que a los 40, 60, 80 dds no existe diferencias significativas entre tratamientos, se muestra una media de 1,68 a los 40dds, 2,63 a los 60 dds y 2,63 a los 80dds.

Tabla 16. Análisis de varianza para la variable número de tallos.

		40 dds	60 dds	80 dds
F.V.	GL	p-valor	p-valor	p-valor
REP	3			
TRAT	4	0,52ns	0,15ns	0,15ns
ERROR	12			
TOTAL	19			
MEDIA		1,68	2,63	2,63
CV(%)		54,85	46,09	46,09

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; ns = no significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

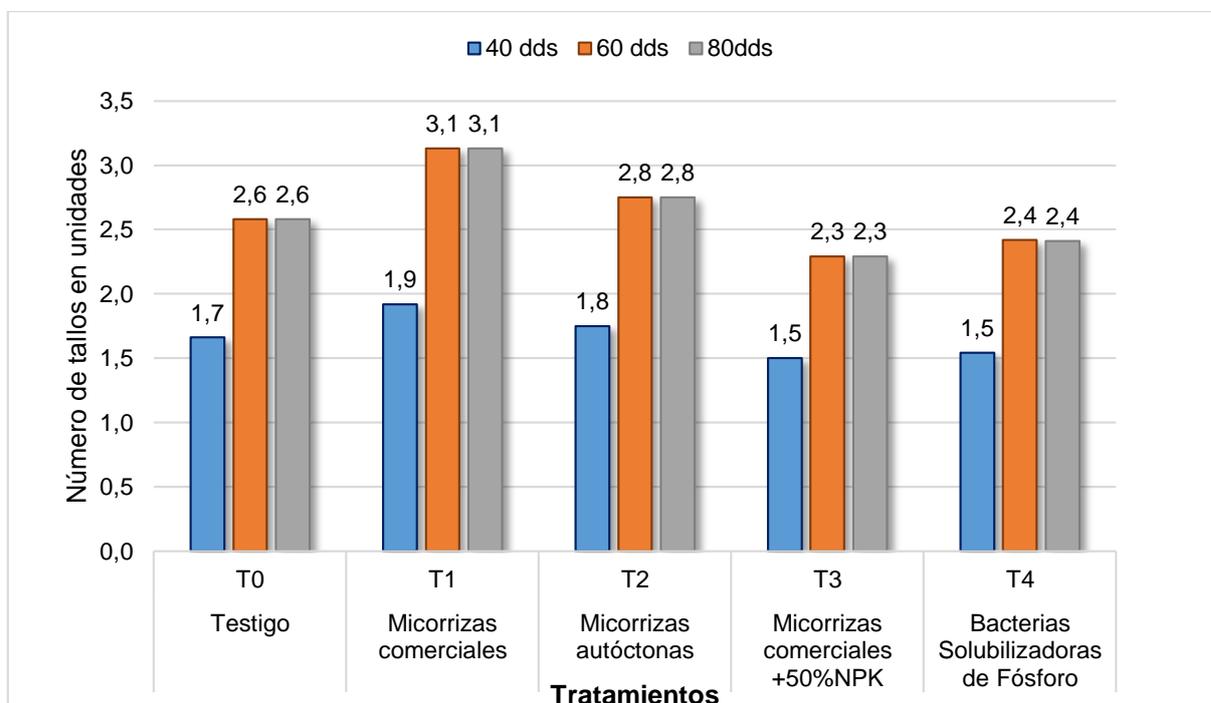


Figura 5 Número de tallos a los 40, 60 y 80 dds

En la figura 5, se observa que el número tallos es relativamente homogéneo a los 40, 60 y 80 dds encontrando una mínima diferencia entre tratamientos, a los 80dds el tratamiento T1 (Micorrizas comerciales) tiene un mayor desarrollo donde el promedio fue 3,1 unidades y el tratamiento T3 (Micorrizas comerciales+50%NPK) presento un menor número de tallos con un promedio de 2,3.

4.1.3. Diámetro de tallo

En la tabla 17, se presentan los datos obtenidos, en la cual se detalla el diámetro de tallo a los 40, 60 y 80 días después de la siembra. Donde se demuestra que no existe diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo

		40 dds	60 dds	80 dds
F.V.	GL	p-valor	p-valor	p-valor
REP	3			
TRAT	4	0,24ns	0,37ns	0,33ns
ERROR	12			
TOTAL	19			
MEDIA		0,34	0,70	1,01
CV(%)		61,64	47,10	44,03

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; ns = no significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

En la figura 6, se observa el diámetro en cm a los 40, 60 y 80dds en cual se identifica que son homogéneos, sin embargo, a los 80 días se muestra que el tratamiento 3 (Micorrizas comerciales +50%NPK) fue el mejor presentando un valor de 1,15cm, en relación a T4 (Bacterias solubilizadoras de fósforo) que fue el tratamiento que presento un valor de 0,88cm.

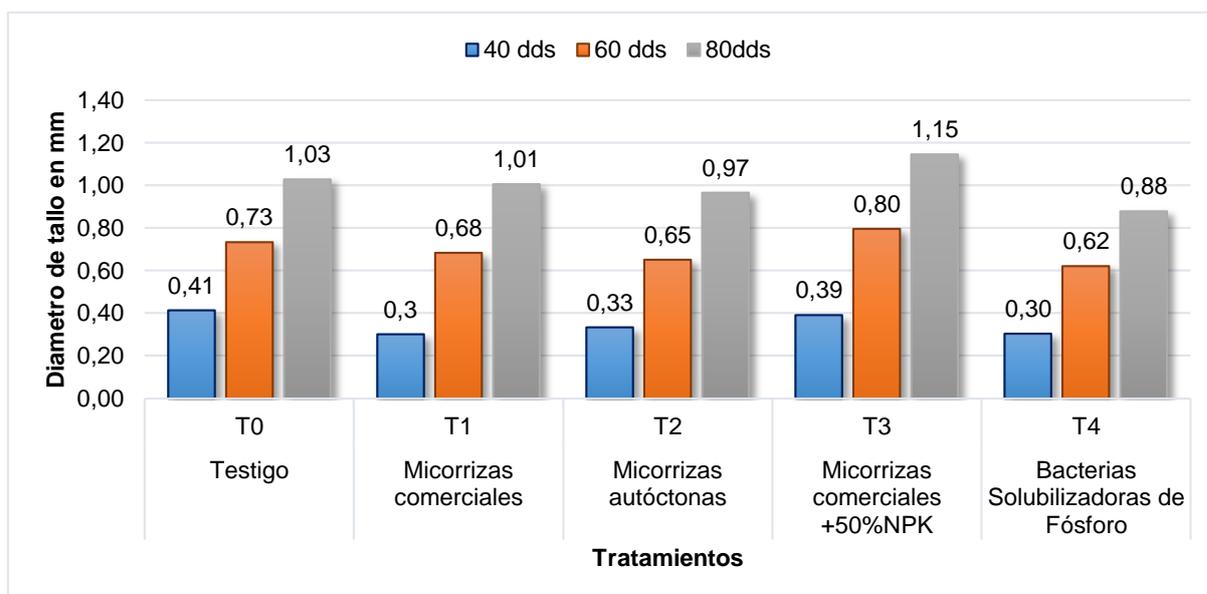


Figura 6 Diámetro del tallo a los 40,60 y 80 días

4.1.4. Altura de la planta

En la tabla 18, se presenta el análisis de varianza de altura de planta a los 40, 60, 80 días. Se muestra que no existe diferencias significativas para los tratamientos. Se observa un coeficiente de variación a los 40 dds de 49,76%, 60 dds de 49,85% y 80dds de 48,10%.

Tabla 18. Análisis de varianza para la variable altura de planta.

		40 dds	60 dds	80 dds
F.V.	GL	p-valor	p-valor	p-valor
REP	3			
TRAT	4	0,46ns	0,39ns	0,54ns
ERROR	12			
TOTAL	19			
MEDIA		15,90	30,56	45,25
CV(%)		49,76	49,85	48,10

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= grado de significancia; ns=no significativo; CV= Coeficiente de variación; dds= días después de la siembra.

En la figura 7, se muestra la altura de planta a los 40, 60 y 80 dds en donde se muestra que en último periodo se incrementó significativamente la altura de la planta presentando T1 (Micorrizas comerciales) un valor de 49,50 cm demostrando un

aumento del área de exploración de la raíz, lo que incrementa el flujo de agua del suelo y la planta y así obteniendo un mayor desarrollo; el T4 (Bacterias solubilizadoras de fósforo) tuvo un menor crecimiento con una media de 40,67 cm.

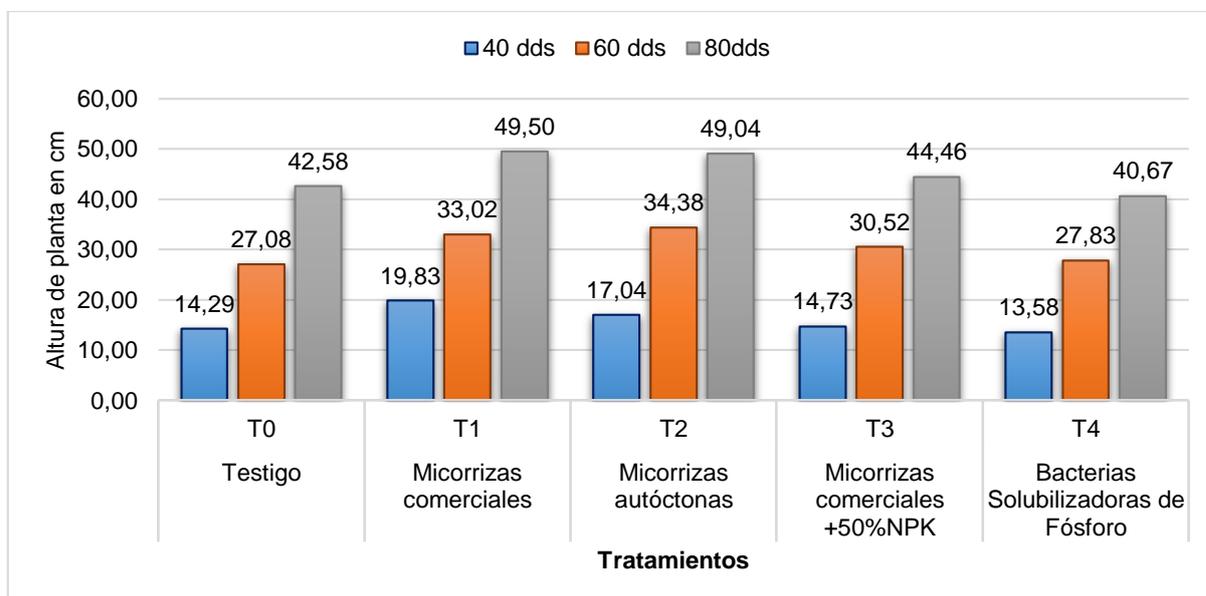


Figura 7 Altura de planta a los 40, 60 y 80 dds

4.1.5. Número total de tubérculos en la cosecha

En la tabla 19, se presenta el número total de tubérculos a partir del análisis de varianza. Observando que existen diferencias significativas entre tratamientos con un valor de $p < 0,05$.

Tabla 19. Análisis de varianza variable número total de tubérculos

F.V.	GL	SC	MS	F	p-valor
Repetición	3	714,5	238,164		
Tratamiento	4	3280,6	820,154	6,24	0,00**
Error	12	14723,9	131,463		
Total	19	18719,0			
CV	62,80				

Leyenda: GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; MS= Variación promedio; F = Frecuencia P = Grado de significancia; ** = altamente significativo.

En la variable número de tubérculos se observó una diferencia significativa entre los tratamientos, de los cuales los tratamientos T0 (Testigo), T3 (Micorrizas comerciales+

50%NPK) tuvieron un mayor número de tubérculos, sin embargo, el tratamiento que registro menor número de tubérculos fue el T1 (Micorrizas comerciales).

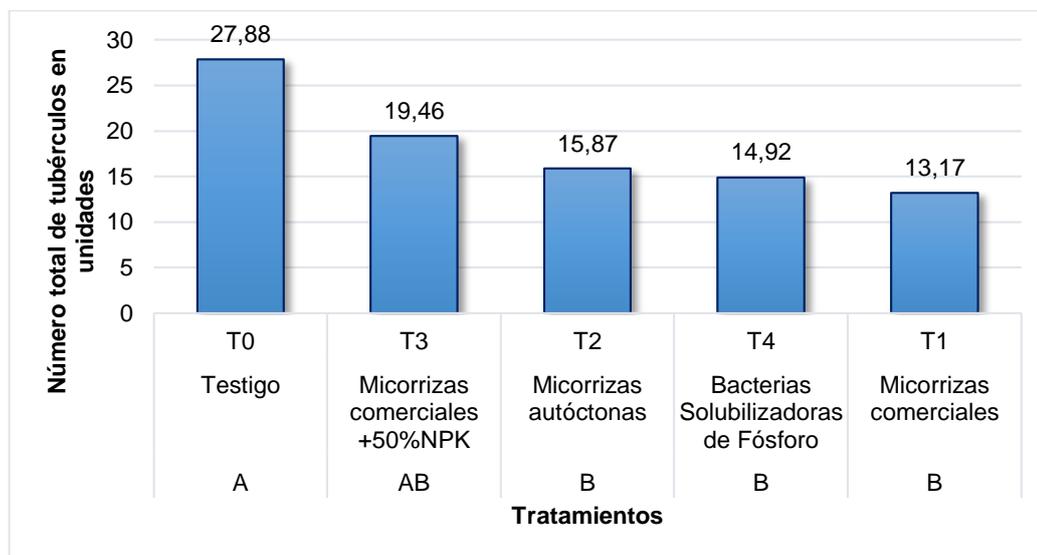


Figura 8 Número total de tubérculos en la cosecha

4.1.6. Número de tubérculos categoría primera, segunda y tercera

En la tabla 20, se observa el análisis de varianza para cada categoría posterior a la cosecha. Con un valor de $p < 0,05$ lo que indica que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 20. Análisis de varianza para la variable número de tubérculos categoría primera, segunda y tercera

FV	G.L	Primera p=valor	Segunda p=valor	Tercera p=valor
Rep/Bloque	3			
Tratamiento	4	0,00**	0,00**	0,00**
Error	112			
Total	119			
Media		6,04	5,73	6,49
CV(%)		65,70	70,94	93,70

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; ** = altamente significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

En la figura 9, se muestra que el tratamiento T0 (Testigo) consta con el mayor número de tubérculos de primera categoría con 9,46 tubérculos por planta, seguido del T3 (Micorrizas comerciales + 50%NPK) con un número de tubérculos de 6,58.

El mejor tratamiento en producción de tubérculos categoría segunda es T0 (Testigo) seguido por el T1 (Micorrizas comerciales) con promedio de rendimiento de 9 y 6,79 respectivamente, y el T2 (Micorrizas autóctonas) demostró ser el tratamiento con menor rendimiento.

El tratamiento que tiene mayor número de tubérculos categoría tercera es el tratamiento T3 (Micorrizas comerciales+ 50%NPK) con un promedio de 8,04 y el tratamiento T4 (BSF) con 3,17 tuvo una menor cantidad de tubérculos.

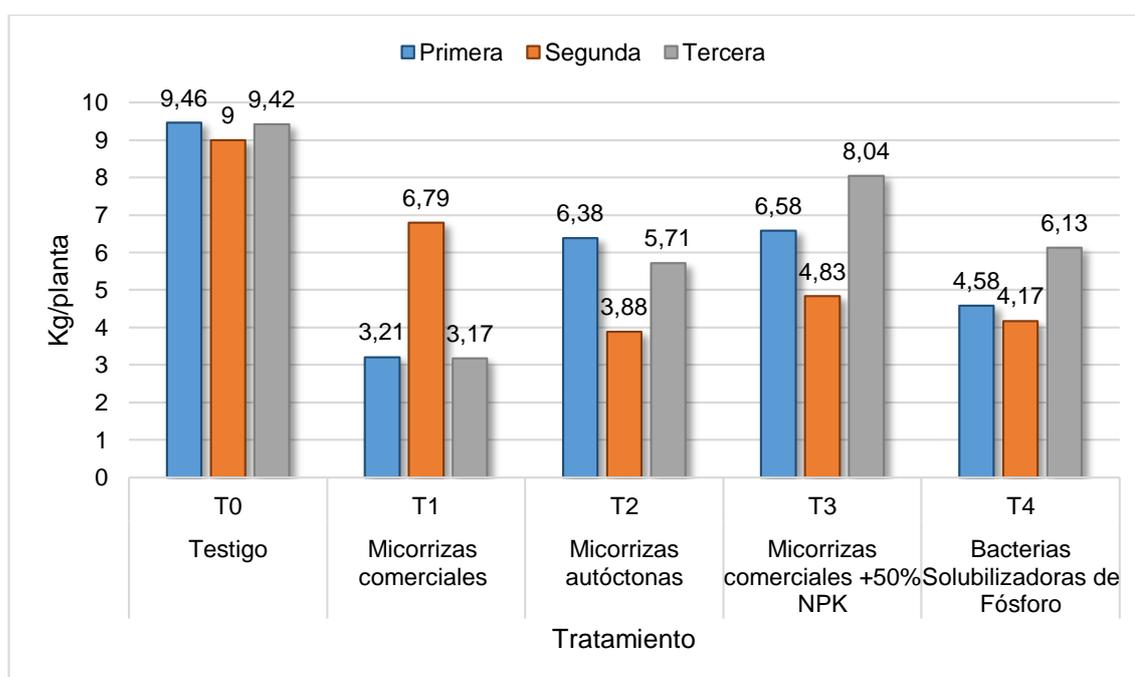


Figura 9 Número de tubérculos categoría primera, segunda y tercera

4.1.7. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta)

En la tabla 21, se observa un análisis de varianza donde se indica que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos siendo su coeficiente de variación de 55,88.

Tabla 21. Rendimiento promedio de cosecha

F.V.	GL	SC	MS	F	p-valor
Repetición	3	3,324	1,10787		
Tratamiento	4	15,096	3,77394	3,46	0,01*
Error	112	122,016	1,08943		
Total	119	140,435			
CV	55,88				

Leyenda: GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; MS = Variación promedio; F = Frecuencia P = Grado de significancia; ** = altamente significativo.

Se demuestra que el mejor tratamiento en cuanto a la mayor proporción de peso es el tratamiento T0 (100% NPK) y el tratamiento con menor rendimiento en cuanto a peso es T2 (Micorrizas autóctonas).

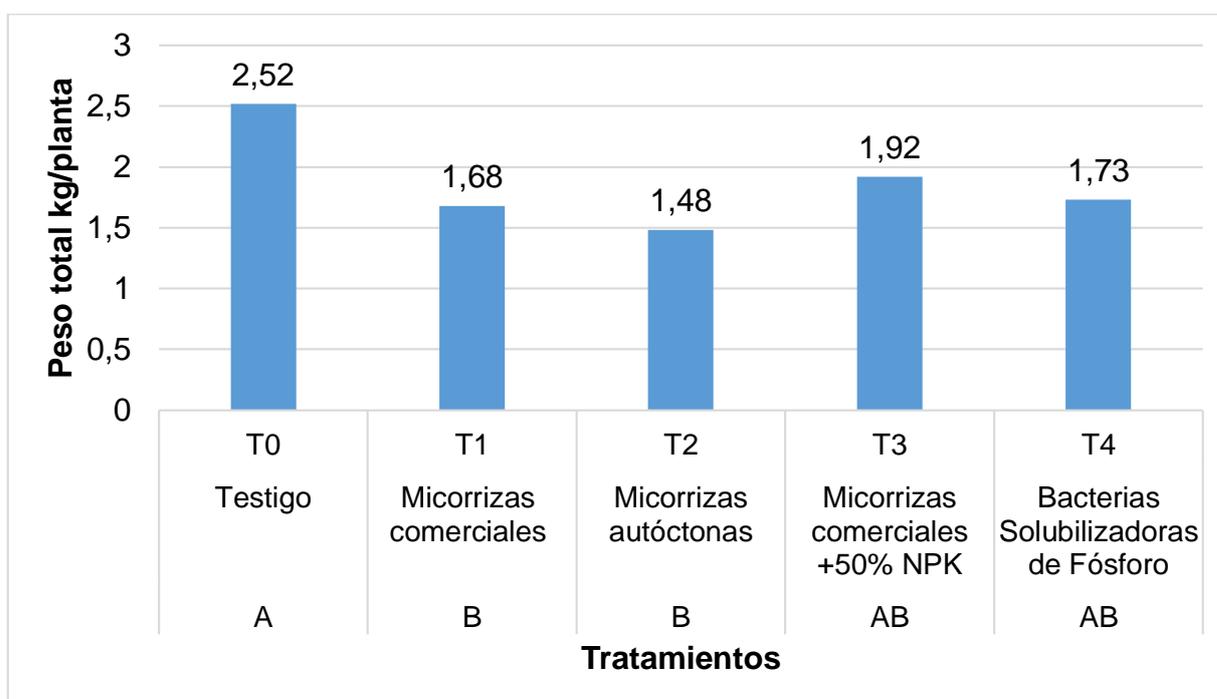


Figura 10 Rendimiento Total (kg/planta) promedio de cosecha

4.1.8. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) categoría primera, segunda y tercera

En la tabla 22, se observa el análisis de varianza para la variable rendimiento promedio de cosecha para cada categoría, donde se indica que existió diferencias significativas entre tratamientos en la categoría primera y segunda con un valor de $p < 0.05$, sin

embargo, en la categoría tercera no existe diferencias significativas con un valor de $p > 0,05$.

Tabla 22. Análisis de varianza para la variable rendimiento promedio de cosecha categoría primera, segunda y tercera

		Primera	Segunda	Tercera
FV	G.L	p=valor	P=valor	P=valor
Rep/Bloque	3			
Tratamiento	4	0,00**	0,00**	0,1119ns
Error	112			
Total	119			
Media		1,2066	0,49	0,1716
CV(%)		60,71	69,59	105,52

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; ** = altamente significativo; ns= no significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra

En la figura 11, se muestra el rendimiento kg/planta en las tres categorías primera, segunda y tercera. Donde se muestra que el mejor tratamiento para la categoría primera es el T0 (Testigo) con un peso de 1,66 kg/planta seguido del T3 (Micorrizas comerciales+50%NPK) con un peso promedio de 1,38 kg/planta y el tratamiento con menor rendimiento fue el tratamiento T1 (Micorrizas comerciales) con un peso promedio de 0,84 kg/planta.

En la categoría segunda se muestra que el tratamiento que presentó mayor rendimiento fue el tratamiento T1 (Micorrizas comerciales) siendo su peso promedio de 0,71 kg/planta y el tratamiento T2 (Micorrizas autóctonas) tuvo un menor rendimiento con promedio de 0,26 kg/planta.

En la categoría tercera el tratamiento T0 (Testigo) presentó un mayor promedio siendo este de 0,25 kg/planta, el tratamiento T1 (Micorrizas comerciales) tuvo un menor rendimiento con un promedio de 0,12kg/planta.

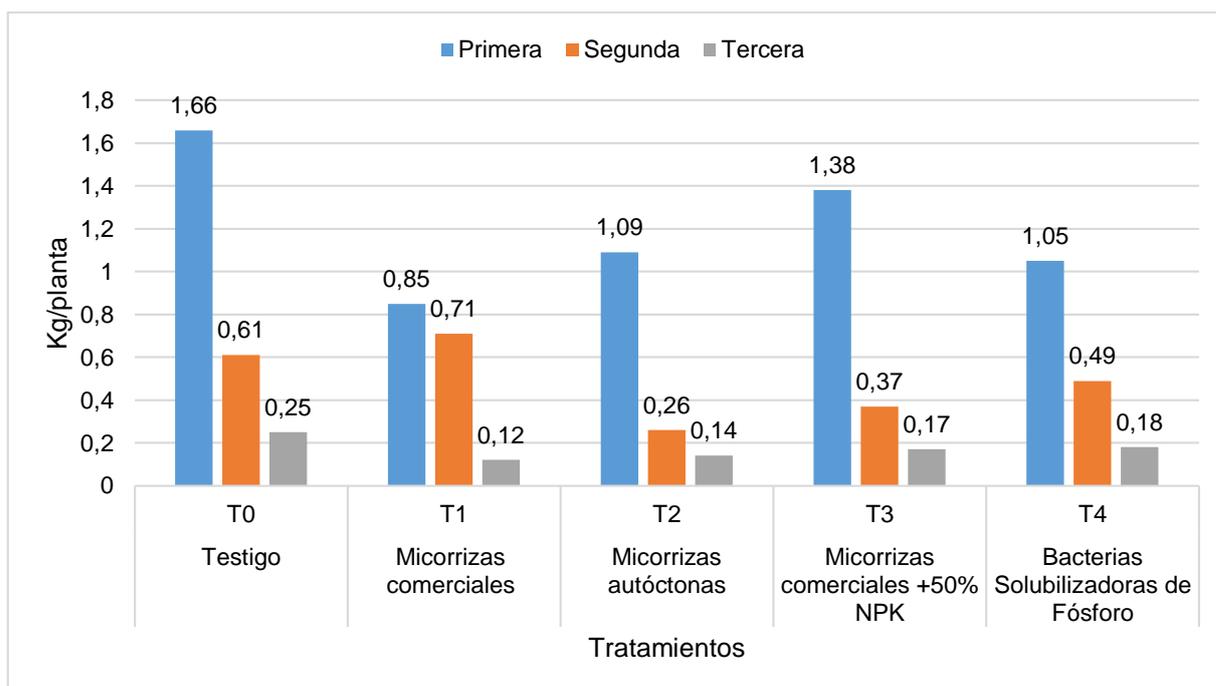


Figura 11 Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) categoría primera, segunda y tercera

4.1.9. Relación Costo/beneficio

En la tabla 23, se observa el análisis económico de cada uno de los tratamientos evaluados, basados en un área de producción de 525 m², a través de estos datos se realizó una proyección a una superficie de 10000 m². Se presenta una tabla con un precio de acuerdo a la realidad de la agricultura.

Tabla 23. Relación costo beneficio de cada tratamiento

Tratamientos	Costo total por tratamiento	Producción (t ha ⁻¹)	Precio promedio t ⁻¹	Venta Total USD	Utilidad USD	Costo/Beneficio
T0	6193,39	50,41	280	14115	7921,41	1,28
T1	5158,79	33,53	280	9388	4229,61	0,82
T2	5027,99	29,80	280	8344	3316,01	0,66
T3	5715,80	38,43	280	10760	5044,60	0,88
T4	5243,09	34,50	280	9660	4416,91	0,84

Leyenda: T0= Testigo, T1= Micorrizas comerciales, T2= Micorrizas Autóctonas, T3= Micorrizas comerciales + 50%NPK, T4= Bacterias Solubilizadoras de Fósforo.

Se observa que todos los tratamientos presentan beneficio económico, siendo el tratamiento T0 (Testigo) el que muestra una mayor rentabilidad de 1,28 dólares por cada dólar invertido, seguido por el tratamiento T3 (Micorrizas comerciales +50%NPK) el cual presenta una menor inversión y una rentabilidad de 0,88 dólares por cada dólar invertido.

4.2. DISCUSIÓN

El uso de micorrizas en el tratamiento T1 (Micorrizas comerciales) presentó un promedio superior en cuanto a la variable altura y número de tallos por planta debido a que adquirió valores de 49,50cm y 3,1 unidades, estos resultados coinciden con lo manifestado por Narváez, (2016) quien mediante su investigación realizada bajo condiciones controladas obtuvo que el uso de micorrizas incrementa el tamaño de las plantas de papa. (Camargo et al., 2012) menciona que las micorrizas generan un efecto positivo, debido a que el hongo desarrolla micelio por sitios donde la raíz no puede llegar, ayudando con un buen desarrollo de las raíces y a un libre flujo de nutrimentos hacia la planta y entre las raíces que se encuentran interconectadas. Las plantas que se encuentran asociadas con hongos formadores de micorrizas presentan un mejor crecimiento, se denota mayor efecto en los suelos que tienen una baja fertilidad (Corpoica, 2007).

La asociación de fertilización química con micorrizas comerciales presenta un mayor número de tubérculos por planta. El tratamiento T3 (Micorrizas comerciales + 50%NPK) tuvo un efecto benéfico sobre la producción de la papa en cuanto a su número de tubérculos, (Castillo et al., 2016) menciona que la aplicación de micorrizas son una alternativa confiable en reemplazo parcial de la fertilización química, añadiendo que aumentan las comunidades microbianas benéficas del suelo ofreciendo así posibilidades de avance en producción de papa. Según Alvarado, 2018 la fertilización química más la inoculación micorrícica alcanza los rendimientos óptimos, comparables con los obtenidos a partir de la fertilización tradicional.

El rendimiento del cultivo fue superior en el T3 (Micorrizas comerciales +50%NPK) con 38,43 t ha⁻¹ Los resultados obtenidos coinciden con la investigación realizada por Puetate, (2019) quien mediante su investigación obtuvo un rendimiento superior de 45,16 t ha⁻¹. Debido a la actividad simbiótica de los hongos micorrízicos con la raíz,

las hifas extra radicales son más eficientes que las raíces en la absorción de nutrientes, debido a su estructura pueden explorar volúmenes de suelos intangibles para las estructuras radicales de las plantas (González, 2014).

En el análisis económico se observó que la utilidad en cada tratamiento es buena, llegando a un costo beneficio mutuamente alcanzable para el productor, se analiza que el costo/beneficio es dependiente del precio del producto en venta. El tratamiento con un alto índice de utilidad es T3 (Micorrizas comerciales + 50%NPK) por tener una mayor producción manteniendo un costo beneficio muy rentable. (Puetate, 2019) en su investigación obtuvo resultados similares obteniendo una rentabilidad de 0,67 dólares.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo con la investigación realizada, se evidenció que la aplicación de alternativas de biofertilización actúan con efectividad sobre el cultivo de papa, con las cuales se ha conseguido obtener un buen rendimiento y por tanto ganancias económicas.
- La alternativa de biofertilización que presentó los mejores resultados fue a base micorrizas arbusculares con el tratamiento T3 (Micorrizas comerciales+50%NPK) registrando un rendimiento promedio productivo de 1,92 kg/planta, debido a que la combinación permitió una mayor asimilación del fósforo.
- El efecto económico varía según el precio de venta, se puede señalar que, a partir de los resultados obtenidos todas las alternativas de biofertilización propuestas presentan rentabilidad económica, siendo así el tratamiento T3 (Micorrizas comerciales + 50% NPK) el cual con una menor inversión obtiene una rentabilidad de 0,88 dólares por cada dólar invertido.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones con las alternativas de biofertilización (micorrizas, bacterias solubilizadoras de fósforo) en las diferentes variedades de papa, y en diversos cultivos, para así poder dar a conocer que se puede llevar a cabo una agricultura sostenible obteniendo un buen rendimiento y un beneficio económico considerable.
- Dar a conocer a los agricultores que nuestros suelos por estar ubicados en la Zona Andina presentan altos contenidos de fósforo por lo cual es importante la aplicación de microorganismos solubilizadores de fósforo para poder aprovechar este elemento, además obtendrán un mejor rendimiento con menores inversiones.
- Se recomienda aplicar el tratamiento T3 (Micorrizas comerciales +50% NPK) como una alternativa de fertilización, debido a que se obtiene una producción con una alta utilidad, y con una menor inversión.

VI. REFERENCIAS

- Abad, A. (2018). *Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de plantulas in vitro de papa (Solanum tuberosum), en invernadero en el distrito de Chavinillo 2017.* <https://1library.co/document/z3d1969y-bioestimulantes-rendimiento-plantulas-solanum-tuberosum-invernadero-distrito-chavinillo.html>
- Acosta, M. B. (2021). *MICORRIZAS: qué son y tipos.* <https://www.ecologiaverde.com/micorrizas-que-son-y-tipos-2498.html>
- ADAMA. (2021, February 16). *Plagas y enfermedades en papa .* <https://www.adama.com/peru/es/actualidad-adama/plagas-y-enfermedades-en-el-cultivo-de-papa>
- AGROBIOLÓGICOS. (2017). *SAFER MICORRIZAS M.A.* <https://safer.com.co/producto/micorrizas/>
- Agromundo. (2018). *Micorrizas Autóctonas.* <https://www.facebook.com/Agromundo-SC-1656234821258202/>
- Almeida, J. (2014). *Efecto de formulaciones biológicas (micorrizas y activadores biológicos) y formulación química (omega 3, 6, 9 más extracto de algas marinas y silicio) en el aprovechamiento del fósforo no soluble del suelo, por parte del cultivo de papa (Solanum tuberosum. L) variedad superchola en la parroquia González Suárez, cantón Tulcán, provincia del Carchi, Ecuador.* <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/46/1/186> EFECTO DE FORMULACIONES BIOLÓGICAS %28MICORRIZAS Y ACTIVADORES BIOLOGICOS%29 Y FORMULACION QUIMICA-ALMEIDA LEON%2C JUAN.pdf
- Bautista, A. (2015). *EVALUACION DE LA APLICACIÓN DE CUATRO TIPOS DE ABONOS ORGÁNICOS, EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE PAPA Solanum tuberosum, VARIEDAD CHOLA, EN SAN AGUSTIN, PARROQUIA PINTAG, CANTON QUITO, PROVINCIA PICHINCHA.*

- Beltrán, M. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 15(1), 101–113.
- Camargo, S., Montaña, N. M., De La Rosa-Mera, C. J., Adriana, S., & Arias, M. (2012). *MICORRIZAS: UNA GRAN UNIÓN DEBAJO DEL SUELO*.
- Castillo, C., Huenchuleo, M. J., Michaud, A., & Solano, J. (2016). Micorrización en un cultivo de papa adicionado del biofertilizante Twin-N establecido en un Andisol de la Región de La Araucanía. *Idesia (Arica)*, 34(1), 39–45. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000100005>
- Chulde, J. (2019). Alternativas de fertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas en la Finca San Francisco Cantón Huaca. *Repositorio UPEC*, 8(5), 55.
- CITEPAPA. (2017). *Morfología de la papa* . <https://www.citepapa.pe/todo-sobre-la-papa/morfologia-de-la-papa/>
- Cóndor, B. (2018). *Identificación de papas producidas y cultivadas en la provincia de Tungurahua: sus características y sugerencia de usos en la cocina diaria*. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7756/1/140374.pdf>
- Coro, A. (2015). *EVALUACIÓN DE 6 TECNOLOGÍAS DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA, EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum L.)*. [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4343/1/Evaluacion de 6 Tecnologías. docx.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4343/1/Evaluacion%20de%206%20Tecnologias.docx.pdf)
- Corpoica. (2007). *LAS MICORRIZAS: Una Opción Sostenible de Manejo de Suelos y Nutrición de Plantas*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1122/42956_48663.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Cruz, L. (2011). *USO Y APLICACION DE BIOFERTILIZANTES MICROBIANOS Y ORGANICOS EN SISTEMAS DE AGROPLASTICULTURA*. [https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/401/1/Lisbeth Cruz Alonso.pdf](https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/401/1/Lisbeth_Cruz_Alonso.pdf)
- FAO. (2008). *La papa: Orígenes* . <https://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/origenes.html>
- Flores, S. (2019). Alternativas de fertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi. *Ayañ*, 8(5), 55.
- González, P. (2014). *Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica arbuscular vía inoculación y la fertilización mineral en pastos del género Brachiaria*. October. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27770.95685>
- Huacanes, J. (2017). *“Evaluación de paquetes tecnológicos, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum) variedad “Ruby” para proceso industrial, en el Centro Experimental San Francisco*.
- INEC. (2020). *Boletín Técnico Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020*. www.ecuadorencifras.gob.ec
- INIAP. (2021). *IX Congreso ecuatoriano de la papa*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5746/1/iniapsc407.pdf>
- Inostroza, Méndez, & Sotomayor. (2009). *Botánica y morfología de la papa* . <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7281>
- Koch, M., Busse, M., Naumann, M., Jákli, B., Smit, I., Cakmak, I., Hermans, C., & Pawelzik, E. (2019). Differential effects of varied potassium and magnesium nutrition on production and partitioning of photoassimilates in potato plants. *Physiologia Plantarum*, 166(4), 921–935. <https://doi.org/10.1111/PPL.12846>

- Mora, S., Águila, E., Revelo, V., Benavides, H., & Balarezo, L. (2019, September 26). *Combinación de dos biofertilizantes y fertilización química en la producción de Solanum tuberosum cv. Superchola en Andisoles ecuatorianos*. <http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/html/v46n4/body/cag06419.html>
- Mora, S., Flores, S., Chulde, J., Puetate, L., & Revelo, V. (2021). *Alternativas de fertilización empleando bioestimulantes y biofertilizantes para el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.), en Montúfar - Carchi*. Sathiri: Sembrador (16) 1, 132-143. <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/sathiri/article/view/1045/2495>
- Narváez, F. (2016). *“Evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en la productividad del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.), bajo condiciones semicontroladas, Carchi – Ecuador*.
- Negrete, A., & Caviedes, M. (2011). *Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (Solanum Tuberosum) en Pichincha - Ecuador*. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/727>
- Otiniano, R. (2018). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores de la sierra norte del Perú*. <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/libros/manual-del-cultivo-de-papa.pdf>
- Oviedo, M., & Iglesias, M. (2005). *Utilización de bacterias solubilizadoras de fósforo*.
- Pincay, J., Villegas, A., Ormaza, B., Verduga, C., Paguay, J., Chóez, P., & Solórzano, R. (2019, August 29). *Andisol en El Ecuador* . <https://es.scribd.com/document/423683925/Andisol-en-el-Ecuador>
- Puetate, L. (2019). *Alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) con el empleo de micorrizas, microorganismos solubilizadores de fósforo y biol de producción local en El Ejido, Montúfar, Carchi*.
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *EL CULTIVO DE LA PAPA EN ECUADOR*.

- Restrepo, G., Marulanda, S., Pérez, Y., Díaz, A., Baldani, V., & Hernández, A. (2015). *Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica*. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181238817006.pdf>
- Rivadeneira, J., Yumisaca, F., Monteros, C., Racines, M., & Cuesta, X. (2021). FICHA TÉCNICA DE LA VARIEDAD DE PAPA INIAP. *INIAP*.
- Rodríguez, H., & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17(4–5), 319–339. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(99)00014-2)
- Rodríguez, L. (2010). *Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión*.
- Sagadin, M. B. (2019). *IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS HONGOS MICORRÍDICOS ARBUSCULARES AUTÓCTONOS EN SIMBIOSIS CON PROSOPIS ALBA Y LOS MECANISMOS FISIOLÓGICOS/BIOQUÍMICOS RELACIONADOS CON LA TOLERANCIA A SEQUÍA*.
- Solórzano, P. (2017). *Fertilizantes simples, complejos y mezclas físicas - Minuta Agropecuaria*. <https://www.minutaagropecuaria.com/investigaciones/fertilizantes-simples-complejos-mezclas-fisicas/>
- Vignola, R., Watler, W., Vargas, A., & Morales, M. (2017). *PRÁCTICAS EFECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS POR EVENTOS CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE PAPA*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8214.pdf>

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 DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

NOMBRE: Huacanes Rosero Martha Elizabeth CÉDULA DE IDENTIDAD: 0402118160
NIVEL/PARALELO: EGRESADO PERIODO ACADÉMICO: 2022 A

TEMA DE INVESTIGACIÓN: "Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola, con el empleo de microorganismos en el Centro Experimental San Francisco, cantón Huaca"

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC JULIO PEÑA
LECTOR: MSC DAVID HERRERA
ASESOR: MSC RAMIRO MORA

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS: 4 **AULA:** 2
FECHA: jueves, 01 de septiembre de 2022
HORA: 0,708333333

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 5,95
2) Trabajo escrito 2,55
Nota final de PRE DEFENSA 8,50

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el jueves, 01 de septiembre de 2022


MSC JULIO PEÑA
PRESIDENTE


MSC RAMIRO MORA
TUTOR


MSC DAVID HERRERA
LECTOR

Adj.: Observaciones y recomendaciones

Anexo 2 Certificado del abstract por parte de idiomas



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Martha Elizabeth Huacanes Rosero				
DATE: 5 de septiembre de 2022				
TOPIC: "Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Superchola, con el empleo de microorganismos 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 checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input 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 checked="" 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 type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT	TOTAL 9		
	7 - 8,5: GOOD			
	5 - 6,5: AVERAGE			
	3 - 4,5: LIMITED			



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE
CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Martha Elizabeth Huacanes Rosero

Fecha de recepción del abstract: 5 de septiembre de 2022

Fecha de entrega del informe: 5 de septiembre de 2022

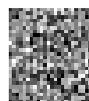
El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

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 los rubricas de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



EDISON PEÑAFIEL ARCOS
COORDINADOR DEL CIDEN

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN

Anexo 3 Análisis de suelo



LABORIOS NORTE

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD				
Nombre: UNIV. POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI					Provincia: Carchi				
Ciudad: Huaca					Cantón: Huaca				
Teléfono:					Parroquia: Huaca				
Fax:					Sitio: Centro Experimental San Francisco				
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO				
Sitio: Centro Experimental San Francisco					Nro Reporte.: 10870				
Superficie:					Tipo de Análisis: Completo más textura				
Número de Campo: Muestra # 1					Muestra: Suelo, muestra 1				
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2022-04-21				
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2022-04-27				
Nutriente			Valor	Unidad	INTERPRETACION				
N			71.25	ppm					
P			13.94	ppm					
S			7.75	ppm					
K			0.22	meq/100 ml					
Ca			12.72	meq/100 ml					
Mg			0.79	meq/100 ml					
Zn			4.58	ppm					
Cu			1.24	ppm					
Fe			302.26	ppm					
Mn			26.71	ppm					
B			0.10	ppm					
pH			5.48		<p>0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0</p> <p>Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino</p>				
Acidez Int. (Al+H)			meq/100 ml						
Al			meq/100 ml						
Na			meq/100 ml						
Ce			0.110	mS/cm					
MO			16.28	%					
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)				
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
16.10	3.59	61.41	13.73			54.40	35.00	10.60	Franco Arenoso
Dr. Quim. Edison M. Miño M.									
Responsable Laboratorio									



Anexo 4 Costos de producción del cultivo de papa

Costos de producción por hectárea				
Cultivo: Papa variedad SuperChola		Sistema: Semitecnificado		
Provincia: Carchi		Cantón: Huaca		
Área: 10000 m2		Fecha: 2022		
Responsable: Elizabeth Huacanes				
Concepto	Unidad	Cantidad	Valor	Total
1. COSTOS DIRECTOS				
Mano de Obra				
Surcado	Jornal	10	13	130,00
Siembra/fertilización	Jornal	10	13	130,00
Retape	Jornal	10	13	130,00
Aporque	Jornal	10	13	130,00
Deshierbe	Jornal	10	13	130,00
Fumigación	Jornal	20	13	260,00
Cosecha	Jornal	30	13	390,00
SEMILLA				
Variedad Superchola	qq	35	30	1050,00
FERTILIZANTES				
Retape 12-30-16	kg	1060,01	0,76	805,61
Aporque 13-00-30	kg	1060,01	0,65	689,01
Micorrizas comerciales	kg	400	0,82	328
Micorrizas autóctonas	kg	200	0,4	80
Fosfotic	cc	12500	0,019	237,5
Control de Plagas y Enfermedades				
Orgánicos				
Seaweed Extract	cc	3961,9	0,004	15,85
Bauvetic	gr	476,19	0,22	104,76
Trichotic	gr	476,19	0,18	85,71
New Bt	gr	2419,05	0,031	74,99
Timorex Gold	cc	2272,76	0,044	100,00
Neem X	gr	278,67	0,06	16,72
Insecticidas				
Deva Z	gr	908,95	0,035	31,81
Taison	gr	3636,19	0,015	54,54
Sensei	cc	3200	0,029	92,80
Brigade	cc	1363,62	0,028	38,18
Courage	cc	7600	0,014	105,64
Invicto	gr	5112,19	0,062	316,96
Fungicidas				
Kasumin	cc	4924,19	0,02	78,79

Diacono	cc	6080,38	0,034	206,73
Topgun	cc	990,86	0,07	69,36
Evito T	cc	2136,38	0,049	104,68
Poder	cc	1818,10	0,074	134,54
Scoba	cc	2051,43	0,024	49,23
Tundra	cc	1139,43	0,026	29,63
Curalancha	gr	14848,57	0,008	118,79
Soll	gr	13642,48	0,011	150,07
Proton	cc	2045,52	0,012	24,55
Fijador				
Spectro	cc	3539,43	0,009	31,85
Maquinaria /Equipos/Materiales				
Análisis de suelo	hr	1	50	50,00
Arada/ rastra	hr	6	25	150,00
Cosecha				
Empaques	u	746	0,3	223,80
Paja plástica	u	1	6	6,00
Transporte	qq	746	0,3	223,80
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN 1ha				7179,90
Rendimiento (qq)				746,00
Precio unitario (\$/qq)				14,00
Ingreso Bruto total				10444,00
Utilidad neta				3264,10
Relación Costo/beneficio				0,45



Anexo 5 Elaboración de surcos



Anexo 6 Siembra



Anexo 7 Desinfección previa al retape



Anexo 8 Deshierbe y medio aporque



Anexo 9 Aplicación de Fosfotric



Anexo 10 Recolección de datos



Anexo 11 Control de plagas y enfermedades



Anexo 12 Cosecha