

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “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 - Carchi”

Trabajo de titulación previa la obtención del
título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Obando Reina Jefferson Fabricio

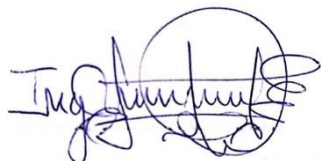
TUTOR: MSc. Segundo Ramiro Mora Quilismal Ing.

Tulcán, 2022

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el estudiante Obando Reina Jefferson Fabricio con el número de cédula 0402081624 ha elaborado el trabajo de titulación: "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 - Carchi"

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



f.....

MSc. Segundo Ramiro Mora Quilismal

TUTOR



f.....

MSc. Ortiz Tirado Paúl Santiago

LECTOR

Tulcán, agosto de 2022

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de **Ingeniero** en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Obando Reina Jefferson Fabricio con cédula de identidad número 0402081624 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



f.....

Obando Reina Jefferson Fabricio
AUTOR

Tulcán, agosto de 2022

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Obando Reina Jefferson Fabricio declaro ser autor de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “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 - Carchi” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.



f.....

Obando Reina Jefferson Fabricio

AUTOR

Tulcán, agosto de 2022

AGRADECIMIENTO

A Dios quien me ha llenado de bendiciones para poder avanzar en mis estudios y superar los obstáculos presentados en mi día a día.

Con mucho cariño para mis padres, por todas sus enseñanzas, esfuerzos y apoyo incondicional que me han brindado para lograr uno de mis principales sueños de ser un gran profesional.

A mis amigos por su apoyo, amistad sincera y llena de gratos recuerdos.

A mi tutor, Ing Ramiro Mora y docentes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por su amistad, apoyo, tiempo y conocimiento impartido durante toda esta etapa universitaria.

Gracias a aquellas personas y familiares que me ayudaron a formarme profesionalmente, por depositar su confianza en mí y motivarme a salir adelante.

DEDICATORIA

Al cumplir una meta más en mi vida y reflejar mi arduo trabajo en esta investigación,
la cual dedicó con toda sinceridad a:

A José Obando y Maritza Reina mis queridos padres, gracias por la confianza depositada en mí, por todo el apoyo, cariño, esfuerzo y sacrificio brindado para llegar a cumplir mis metas y ser un gran profesional.

A mis tíos y mi abuelito Gilberto quienes me brindaron todo su apoyo y cada día con una palabra me motivaron a cumplir mis objetivos y conseguir lo que me proponga.

A mi novia Josselyn Lopez, quien ha estado siempre a mi lado apoyándome en los momentos más difíciles.

A mi hermana Jessica, amigos y docentes que me brindaron su ayuda desinteresada para terminar esta investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	12
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	14
I. 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.....	18
1.4.1. Objetivo General	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.4.3. Preguntas de Investigación	19
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	20
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	20
2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1 Cultivo de papa.....	22
2.2.1.1. Origen.....	22
2.2.1.2 Taxonomía.....	22
2.2.1.3 Morfología.....	23
2.2.1.4 Ciclo Fenológico	23
2.2.1.6 Requerimientos edafoclimáticos	24
2.2.1.7 Importancia del cultivo	25
2.2.1.8 Aspectos Agronómicos	25
2.2.1.9 Zonas de producción	26
2.2.1.10 Variedad Superchola	27
2.2.1.11 Plagas y Enfermedades	28

2.2.2	Alternativas de Biofertilización	29
2.2.2.1	Micorrizas	29
2.2.2.2	Micorrizas Comerciales (Safer Micorrizas).....	31
2.2.2.3	Vermicompost.....	32
2.2.2.4	Bacterias Solubilizadoras de Fósforo.....	33
2.2.2.5	NPK.....	34
2.2.2.5.1	Composición del NPK.....	35
2.2.2.6	Nutrición	35
2.2.3	Suelos Andisoles	36
III.	METODOLOGÍA	37
3.1.	ENFOQUE METODOLÓGICO	37
3.1.1.	Enfoque.....	37
3.1.2.	Tipo de Investigación	37
3.2.	HIPÓTESIS	38
3.3.	DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	39
3.4.	MÉTODOS UTILIZADOS.....	42
3.4.1	Características del sitio.....	42
3.4.2	Población y Muestra	42
3.4.2.1	Parcela Neta.....	43
3.4.3	Tratamientos.....	44
3.4.4	VARIABLES EVALUADAS	44
3.4.5	Manejo de la investigación.....	45
3.4.6	Análisis estadístico	47
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1.	RESULTADOS.....	48
4.1.1	Porcentaje de plantas emergidas.....	48
4.1.2	Altura de la planta en cm a los 40, 60 y 80 dds.....	49

4.1.3	Diámetro de tallo en cm a los 40, 60 y 80 dds	51
4.1.4	Número de tallos a los 40, 60 y 80 dds	52
4.1.5	Número total de tubérculos en la cosecha.....	54
4.1.6	Clasificación por categorías (primera, segunda, tercera) en la cosecha	56
4.1.7	Peso por categorías en kg en la cosecha.....	57
4.1.8	Peso Total en kg en la cosecha	59
4.1.9	Rendimiento de cosecha en t ha ⁻¹ a los 180 dds	60
4.1.10	Costo Beneficio	62
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1.	CONCLUSIONES	63
5.2.	RECOMENDACIONES	64
IV.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
V.	ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo Fenológico de la papa	23
Figura 2 Contenido nutricional de la papa	25
Figura 3 Area Experimental.....	43
Figura 4 Parcela Neta	43
Figura 5 Porcentaje de plantas emergidas	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica cultivo de papa	22
Tabla 2. Principales zonas de producción de papa.....	26
Tabla 3. Plagas y Enfermedades	28
Tabla 4. Recuento de esporas e identificación de microorganismos.....	30
Tabla 5. Composición Micorrizas Autóctonas	30
Tabla 6. Composición Safer Micorrizas.....	31
Tabla 7. Composición Vermicompost	33
Tabla 8. Composición Fosfotíc.....	34
Tabla 9. Composición NPK.....	35
Tabla 10. Operacionalización de variables	39
Tabla 11. Características del ensayo	42
Tabla 12. Tratamientos Evaluados	44
Tabla 13. Representación del análisis de la varianza	47
Tabla 14. ADEVA para el porcentaje de plantas emergidas a los 35 dds	48
Tabla 15. Porcentaje de plantas emergidas a los 35 dds	49
Tabla 16. ADEVA para la variable altura de la planta (cm)	50
Tabla 17. Altura de la planta en cm a los 40,60 y 80 dds	50
Tabla 18. ADEVA para la variable diámetro de tallo en cm a los 40, 60 y 80 dds	51
Tabla 19. Diámetro de tallo de la planta en cm a los 40, 60 y 80 dds	52
Tabla 20. ADEVA para la variable el número de tallos a los 40, 60 y 80 dds	53
Tabla 21. Variable número de tallos a los 40, 60 y 80 dds	53
Tabla 22. ADEVA para la variable número total de tubérculos en la cosecha	54
Tabla 23. Número total de tubérculos en la cosecha	55
Tabla 24. ADEVA para la variable clasificación por categorías en la cosecha	56

Tabla 25. Clasificación por categorías (primera, segunda y tercera) en la cosecha .	57
Tabla 26. ADEVA para la variable peso por categorías en kg en la cosecha	58
Tabla 27. Peso por categorías en kg en la cosecha	58
Tabla 28. ADEVA para la variable peso total en kg en la cosecha.....	59
Tabla 29. Peso total en kg en la cosecha	60
Tabla 30. ADEVA para la variable rendimiento en t ha ⁻¹ a los 180 dds	61
Tabla 31. Rendimiento de cosecha en t ha ⁻¹ a los 180 dds.....	61
Tabla 32. Relación costo beneficio de cada tratamiento con un precio promedio de 14 USD el quintal (45.45 kg)	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Certificado o Acta del Perfil de Investigación.....	74
Anexo 2 Certificado del abstract por parte de idiomas.....	75
Anexo 3 Costos de producción.....	77
Anexo 4 Costo de los tratamientos	77
Anexo 5 Análisis de suelo	78
Anexo 6 Preparación del Terreno Arada y Rastra	79
Anexo 7 Delimitación del terreno.....	79
Anexo 8 Preparación del suelo regada de vermicompost.....	79
Anexo 9 Papa modelo	79
Anexo 10 Guachada.....	79
Anexo 11 Colocación de letreros.....	79
Anexo 12 Aplicación de Biofertilizantes	79
Anexo 13 Toma de datos 1	79
Anexo 14 Fumigación.....	79
Anexo 15 Toma de datos 2	79
Anexo 16 Fumigación.....	79
Anexo 17 Toma de datos final.....	79
Anexo 18 Cosecha.....	79
Anexo 19 Clasificación por categorías.....	79
Anexo 20 Pesaje de los tubérculos	79

RESUMEN

Esta investigación fue implementada en el Centro Experimental “San Francisco” ubicado en el cantón Huaca, provincia del Carchi, con el objetivo de evaluar alternativas de biofertilización en el cultivo de papa variedad superchola con el empleo de microorganismos; para esta investigación se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, dando un total de 20 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo conformada por 30 plantas de las cuales se tomaron 6 como muestra, mientras que, la distancia de siembra fue de 0.50 cm entre planta y 1 m entre surco. Los tratamientos evaluados fueron Micorrizas Autóctonas, Micorrizas comerciales (Safer Micorrizas), Vermicompost, Bacterias Solubilizadoras de Fósforo (Fosfotic) y un 100% NPK 100% Químico (NPK). Las variables evaluadas fueron germinación (%), altura de la planta (cm), diámetro de tallo (cm), número de tallos (u), número total de tubérculos (u), peso de los tubérculos (kg), rendimiento (t/ha^{-1}), clasificación por categorías (1ra, 2da, 3ra) y el análisis costo/beneficio. Para el análisis de varianza se utilizó el programa Statistix 8 y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Concluyendo que el mejor tratamiento es T0 (100% NPK) que presentó los mejores valores en peso, diámetro de tallo y rendimiento con un total de $50,41 t/ha^{-1}$. Finalmente, el análisis costo/beneficio mostró que el tratamiento T0 (100% NPK) y T1 (Vermicompost) presentaron valores de rendimiento y rentabilidad aceptables con un valor de \$1,40 y \$1,00 respectivamente, por lo tanto, se demuestra que la utilización de alternativas de biofertilización constituye una opción viable para el cultivo de papa convirtiéndose en una opción económica y amigable con el agricultor.

Palabras claves: Cultivo de papa, Micorrizas Autóctonas, Safer Micorrizas, Fosfotic, Vermicompost, Superchola

ABSTRACT

This research was carried out at "San Francisco" Experimental Center; this Center is located in Huaca canton, in the province of Carchi. The objective was to evaluate alternatives for biofertilization in the cultivation of potatoes, superchola variety, using microorganisms; in order to carry out this research, a completely randomized block design (DBCA) was used with five treatments and four repetitions, giving a total number of 20 experimental units, each experimental unit consisted of 30 plants, six of which were taken as a sample, while the planting distance was 0.50 m between plants and 1 m between rows. The evaluated treatments were Native Mycorrhizae, Commercial Mycorrhizae (Safer Mycorrhizae), Vermicompost, and Phosphorus-Solubilizing Bacteria (Fosfotic) and a 100% Chemical Control (NPK). The evaluated variables were germination (%), plant height (cm), stem diameter (cm), number of stems (u), the total number of tubers (u), tuber weight (kg), yield (t /ha-1), classification by categories (1st, 2nd, 3rd) and cost/benefit analysis. In order to carry out the analysis of variance, Statistix 8 program, and the Tukey test at 5% were used to compare means. In conclusion, the best treatment is T0 (100% NPK) which presented the best values in weight, stem diameter, and yield with a total of 50.41 t/ha-1. Finally, the cost/benefit analysis showed that the treatment T0 (100% NPK) and T1 (Vermicompost) presented acceptable performance and profitability values, with a value of \$1.40 and \$1.00 respectively. Therefore, it proved that the use of biofertilization alternatives constitutes a viable option for potato cultivation, which turns into an economical and friendly option for the farmer.

Keywords: Potato cultivation, Native Mycorrhizae, Safer Mycorrhizae, Fosfotic, Vermicompost, Superchola

INTRODUCCIÓN

La papa es un tubérculo comestible, originario de América Latina, especialmente de la frontera entre Bolivia y Perú, desde allí se extendió a diferentes partes del mundo incluida Europa. Cabe mencionar que, por su aporte nutricional y alta adaptabilidad, se cultiva desde hace más de nueve mil años. Existen más de 5000 especies diferentes en el mundo, las mismas que están destinadas a cubrir distintas necesidades según la región y el tipo de cultivo que se lleve a cabo (Chávez, 2014)

En Ecuador, la papa se cultiva en la región Sierra, principalmente en las provincias de Carchi, Chimborazo y Tungurahua, donde Carchi tiene una participación del 46% del total de la producción. Para el año 2020 la papa cosechada fue de 19,7 miles de hectáreas lo que representó un 26,5% más respecto al año 2019 y la producción anual fue de 0,4 millones de toneladas (Márquez J. , 2021)

La agricultura, en la actualidad, busca fomentar alternativas sostenibles para una buena producción con poca cantidad de químicos, debido a que en las últimas décadas los problemas ambientales provocados por el uso excesivo de agroquímicos han incrementado. Es por esto que, la utilización de productos orgánicos es una alternativa que brinda a las plantas los nutrientes necesarios para un correcto crecimiento y desarrollo, reduciendo costos de producción y mejorando la calidad ambiental (Beltrán, 2014)

El uso de los biofertilizantes es una de las técnicas empleadas por el hombre para obtener elevados rendimientos en los cultivos, sin causarle daños al ambiente incorporando hongos micorrízicos, bacterias fijadoras de nitrógeno ambiental (N_2) y/o solubilizadores de fósforo (P), los cuales producen efectos positivos en la productividad de los cultivos, además de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo (Noda, 2009)

Un biofertilizante es un producto que contiene organismos vivos, que al aplicarlos a la planta promueven el crecimiento suministrando los nutrientes necesarios (Mora et al, 2021). Su uso representa una importante alternativa para limitar la aplicación de insumos sintéticos que son menos rentables económicamente y a la vez, reduce el

impacto ambiental y mejora la productividad y calidad de los cultivos (Fernández & Rodríguez, 2005)

Las alternativas de biofertilización se utilizan para aprovechar los nutrientes existentes en el suelo principalmente el fósforo, este se puede transformar de un estado inorgánico a orgánico para que las plantas lo asimilen mejor y así incrementar el rendimiento y calidad de los tubérculos (Flores, 2019).

En esta investigación se evaluó distintas alternativas de biofertilización para ayudar a mejorar la fertilidad del suelo, reducir la utilización de agroquímicos e inclusive disminuir los costos de producción, logrando así beneficios económicos para el agricultor utilizando otras formas de fertilización como: micorrizas autóctonas, bacterias solubilizadoras de fósforo, vermicompost y micorrizas comerciales.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ecuador por estar en la zona montañosa de los Andes presenta en su mayoría suelos Andisoles de color negro con alto contenido de materia orgánica, un pH ligeramente ácido resultantes de erupciones volcánicas con baja densidad aparente y un alto poder de fijación de fósforo y humedad (Vaca, 2011). En la provincia del Carchi este tipo de suelos son ideales para el cultivo de papa, sin embargo, el contenido total de fósforo es relativamente alto. (Espinoza, 2008). Una deficiencia de fósforo en las plantas ocasiona un retraso en el crecimiento, poco desarrollo vegetativo, tallos cortos y delgados afectando así la producción del cultivo.

El suelo es un recurso natural que ha proporcionado alimento a los seres humanos a lo largo de la historia; sin embargo, la creciente población mundial y su demanda de alimentos aumentan la presión sobre este recurso todos los días (Sánchez , Hernández, & Ruz, 2011). El continuo agotamiento del suelo debido a las prácticas agrícolas inadecuadas sigue siendo un problema en varios países en desarrollo. (Méndez & Viteri, 2007).

Debido al uso indiscriminado de agroquímicos, los suelos se deterioran y pierden sus nutrientes (FAO, 2015). En los últimos años los agroquímicos son una pieza clave en la agricultura, pero los agricultores no se dan cuenta de los problemas que estos productos ocasionan como como la destrucción de ecosistemas, erosión y compactación del suelo, pérdida de cultivos y contaminación del agua (Hernández & Hansen, 2011). Los agroquímicos con mayor residualidad toxicológica son los insecticidas afectando así a los microorganismo e insectos benéficos contaminando el medio ambiente (Castillo et al, 2020).

El uso de abonos orgánicos en Ecuador es muy restringido, debido a que para que estos hagan efecto los agricultores deben ser constantes en la utilización de estos abonos por otro lado el uso continuo, de fertilizantes químicos se vuelve más dañino que beneficioso, lo que contribuye a la degradación del suelo; debido al desequilibrio biológico y el consecuente deterioro de las características fisicoquímicas del mismo (Valverde et al, 2011).

Los agricultores de la zona norte del Ecuador tienen la costumbre de practicar el monocultivo debido al desconocimiento de nuevas alternativas de biofertilización, se reducen los microorganismos y aumenta la presencia de plagas y enfermedades. Debido a la falta de un manejo tecnificado se obtienen rendimientos y productividades bajas. (Punina, 2013). El poco conocimiento y la falta de interés de los agricultores hacia las nuevas alternativas de biofertilización ha provocado que menos del 2% superficies sembradas utilicen insumos orgánicos, aumentando así la aplicación de fertilizantes químicos influyendo en los costos de producción (Hidalgo, 2017)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- Los suelos de la provincia del Carchi mayormente son andisoles y presentan altos índices de fijación de fósforo, es por esto que los agricultores utilizan excesivamente los agroquímicos aumentando sus costos y reduciendo la fertilidad del suelo, además el desconocimiento de nuevas alternativas y manejos tecnificados ha provocado bajos rendimientos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Las nuevas alternativas de biofertilización con Micorrizas Autóctonas (MA), Safer Micorrizas (SM), vermicompost y Bacterias Solubilizadoras de Fósforo (BSF) para los suelos Andisoles de la zona Norte del Ecuador, actuarán sobre la solubilización del nutriente fósforo (P_2O_5) para que sea absorbido por las plantas y con un manejo tecnificado en las etapas fenológicas del cultivo de papa, integrando insumos de orgánico para aumentar la productividad sin contaminar el ambiente.

(Cabezas, 2022) La siembra de papa es una de las principales actividades agrícolas siendo el cuarto producto más consumido, según cifras del Ministerio de Agricultura y Ganadera, la papa se cultiva en 10 provincias y 80 cantones de toda la Sierra ecuatoriana y se ha convertido en el ingreso económico más importante para el 46% de los agricultores, ocupando un lugar significativo en la dieta de los ecuatorianos. (Puetate , 2019) menciona que a utilización de biofertilizantes ayuda a reducir el uso excesivo de agroquímicos, obteniendo beneficios en el suelo y el cultivo, así como mejorar los ingresos económicos del productor

(Rizo, 2010) Los suelos de la provincia del Carchi poseen un alto contenido de fósforo (P) insoluble, gracias a las nuevas alternativas de fertilización este nutriente se disuelve y es absorbido por la planta. El exceso de este nutriente no causa daños a la planta. (Pedraza, Estrada , & Bonilla , 2018) mencionan que es posible utilizar conjuntamente los fertilizantes químicos y los biofertilizantes para así lograr un aumento en la producción. Es por esto que el gran desafío de la agricultura es proporcionar seguridad alimentaria sin producir daños al ambiente, buscando disminuir la utilización de agroquímicos por nuevas alternativas de biofertilización más ecológicos y económicos (Beltrán, 2014)

(Almeida, 2014) Afirma que el empleo de micorrizas y extracto de algas como alternativas de biofertilización constituyen un suplemento de macronutrientes y hormonas que estimulan el desarrollo vegetal. (FAO, 2022) señala que los biofertilizantes orgánicos proporcionan a la planta los nutrientes necesarios para un correcto desarrollo, mejorando la calidad del suelo y aumentando el entorno microbiológico.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar las 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 - Carchi

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de los biofertilizantes (micorrizas autóctonas, micorrizas comerciales, vermicompost, bacterias solubilizadoras de fósforo) sobre el desarrollo y rendimiento en el cultivo de papa.
- Identificar qué tratamiento promueve el mayor rendimiento (t/ha) en el cultivo de papa.
- Determinar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el efecto de las alternativas de biofertilización sobre el desarrollo y rendimiento en el cultivo de papa?
- ¿Qué tratamiento influye más, con la aplicación de distintos biofertilizantes?
- ¿Cuál es el beneficio económico con la utilización de alternativas de biofertilización?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Puetate (2019) en su investigación “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” menciona que el tratamiento T3 (100% NKP + Safer-micorriza) presentó el rendimiento más alto con un valor de 45,16 t ha⁻¹ y concluye que las nuevas alternativas de biofertilización constituyen una opción viable para la fertilización en el cultivo de papa mejorando su desarrollo y aprovechamiento de nutrientes.

Chulde (2019) investigó “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”, donde el tratamiento T7 (100% NPK + Extracto de algas), muestra los valores más altos de rendimiento, diámetro y altura con valores de 40,70 t ha⁻¹, 1,49 cm y 0,70 m. respectivamente, concluyendo que las nuevas alternativas de biofertilización dentro de la agricultura son muy importantes, ya que benefician al suelo y a la planta influyendo en la productividad del cultivo.

En la investigación realizada por Flores (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”, muestra que el tratamiento T2 (100%NPK+ FOSFOTIC) presentó el mejor rendimiento con un peso de 2,29 Kg/planta y un C/B de -0,11 USD. Concluyendo que las alternativas de fertilización junto con el NPK mejoran el consumo de nutrientes y actúan eficientemente aumentando el rendimiento y logrando un beneficio aceptable para el agricultor.

Narváez (2016) En el Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi investigó “Evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Superchola, bajo condiciones semicontroladas” donde muestra que el tratamiento T7 (tierra + compost + fosfotico + micorrizas) presenta el mejor rendimiento con 816,48 g/planta a relación de los otros tratamientos. y concluye que es factible utilizar una fertilización alternativa con BSP, compost y micorrizas debido a que se aprovecha el fósforo insoluble y no se afecta la productividad.

Mora et al. (2018) investigaron “Alternativas de bio-fertilización sobre indicadores morfológicos y productivos de *Solanum tuberosum* L. en Andisoles del Carchi-Ecuador”, expresan que una deficiencia de fósforo afecta considerablemente el crecimiento y desarrollo de la planta. En esta investigación el tratamiento T12 (100% NK + 50 % P + Fosfotico + Safer micorrizas) presentó mayor peso fresco de tubérculos con un valor de 636,19 g por planta. Y concluyen que la utilización de estas alternativas Fosfotico y Safer micorrizas combinada con una fertilización mineral ayuda a obtener buenos resultados en la productividad

Almeida (2014) en su investigación realizada en el Centro Experimental San Francisco, cantón Huaca provincia del Carchi. Evaluó “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”, donde el tratamiento 2 (activadores biológicos) presentó el valor más alto en lo que corresponde a rendimiento y costo beneficio con valores de 55,625 kg/ha, y 1,80 dólares de costo beneficio. Finalmente, concluye que las nuevas alternativas de biofertilización ayudan al aprovechamiento de fósforo insoluble en el suelo, aumentó el número de raíces, tubérculos producidos y su rendimiento.

Negrete (2011) en la Universidad San Francisco de Quito, investigó: “Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Pichincha – Ecuador”, en este experimento se analizó el rendimiento

y el factor económico en base sistemas de fertilización diferentes. Para esto utilizó fertilizantes químicos (muriato de potasio, 18-46-00, y urea) y otro con (biol y urea) en dos lotes, donde los resultados analizados fueron el peso y cantidad de tubérculos los cuales indican que no hubo diferencias entre tratamientos sin embargo en el análisis económico muestra que usar fertilizantes químicos es 20% más caro que utilizar una fertilización mixta u orgánica.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Cultivo de papa

2.2.1.1. Origen

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un tubérculo originario de distintos lugares de América del Sur, principalmente en Perú, Bolivia y Sur de Chile. Se cultiva en todo el territorio que constituye el Tahuantinsuyo, además este cultivo se extendió rápidamente en las regiones templadas y se introdujo en América del Norte a principios del siglo XVII (Suquilanda , 2012).

2.2.1.2 Taxonomía

En la tabla 1 se detalla la clasificación taxonómica del cultivo de papa

Tabla 1. Clasificación taxonómica cultivo de papa

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	Solanum L
Especie	Tuberosum

Fuente: (Márquez, Salomón, & Acosta, 2019)

2.2.1.3 Morfología

La papa posee un tallo principal, que nace del brote del tubérculo de la semilla, el tallo secundario nace de la yema subterránea del tallo principal, una rama que se origina de una yema del tallo principal, los estolones son tallos laterales normalmente subterráneos, sus raíces se forman a partir de los tubérculos y son responsables de la absorción del agua, sus hojas transforman la energía solar en alimenticia para la planta, sus flores con colores que varían desde el color blanco al color morado, son las encargadas de la reproducción sexual, su fruto de forma redonda u oval, su tamaño alrededor de 5 cm su color va desde el verde hasta el violeta, la semilla es el órgano responsable de dar origen a una nueva planta (Cuesta et al, 2021).

2.2.1.4 Ciclo Fenológico

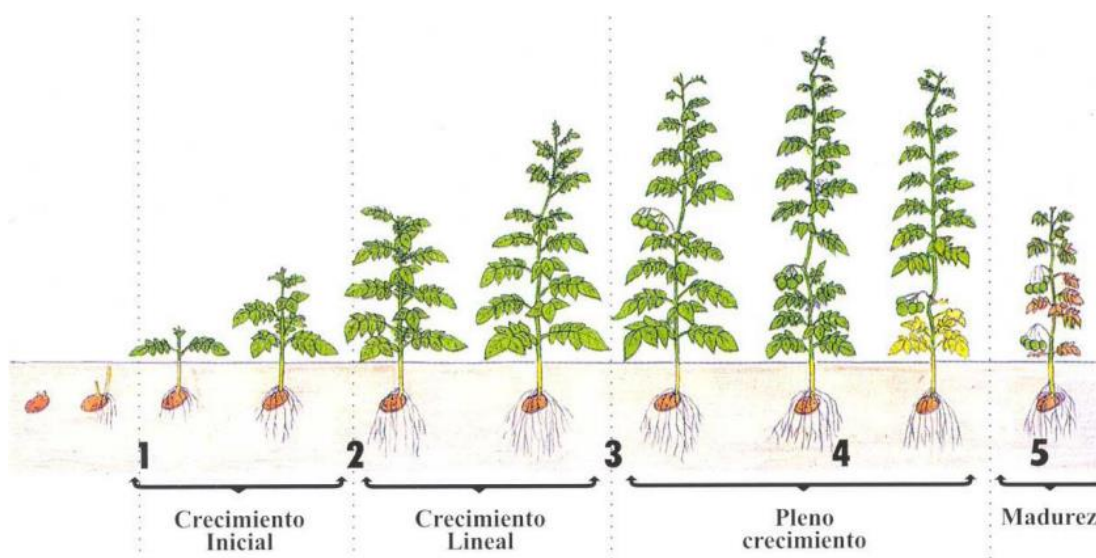


Figura 1 Ciclo Fenológico de la papa

Fuente: (MAG, 2016)

Etapa Vegetativa: varía de 15 a 30 días, inicia con la ruptura de la semilla y finaliza con la formación de tubérculos esto depende de las condiciones en las que se desarrolle el cultivo.

Tuberización: varía de 10 a 14 días es el momento donde aparecen los estolones, en épocas de escasa lluvia el número de tubérculos se ve afectado.

Desarrollo de tubérculos: 60 a 90 días puede variar por las condiciones climáticas.

Maduración: las hojas viejas presentan un color amarillo hasta un café, los tubérculos crecen mínimamente y la planta requiere poca agua (panorama agro, 2018).

2.2.1.6 Requerimientos edafoclimáticos

Temperatura: la papa es una planta termogénica es decir que requiere diferente temperatura tanto en el día como en la noche. La temperatura ideal es de 17 a 23 °C, temperaturas menores a 10 °C y mayores a 30 °C pueden reducir el crecimiento y rendimiento del cultivo.

Suelos: la siembra de papas se realiza en la mayoría de los suelos, pero se recomiendan suelos francos (arenosos, arcillosos y limosos). Estos suelos poseen un buen drenaje, una buena ventilación y son fáciles de cosechar. Para obtener buenos rendimientos se utiliza la materia orgánica. Para el pleno crecimiento de tubérculos y estolones, se recomienda una profundidad de 50 cm. El pH recomendado está entre 5,0 y 7,0.

Pendiente del terreno: Para obtener una buena productividad la pendiente recomendada es de 0.00 a 4.0 %, pendientes superiores ocasionan una reducción en el rendimiento de los tubérculos.

Altitud: Este cultivo se desarrolla a una altura desde los 460 hasta los 3000 msnm, su altura ideal se encuentra desde los 1500 a 2500 msnm.

Vientos: para no tener bajos rendimientos y las plantas no sufran estrés, el viento debe presentar una velocidad hasta 20km/h

Agua: Dependiendo de las condiciones de temperatura, los requerimientos varían de 600 a 1000 milímetros por producción. La germinación y crecimiento de los tubérculos son las etapas donde la planta necesita mayor cantidad de agua.

Luz: El cultivo de papa requiere bastante luminosidad, la luz influye en la tuberización y duración del ciclo vegetativo, aproximadamente de 8 a 12 horas dependiendo de la variedad (Intagri, 2017)

2.2.1.7 Importancia del cultivo

El consumo de Papa está en auge en los países en desarrollo hoy en día representando más de la mitad de la producción mundial. Las papas tienen un alto contenido energético lo que las convierte en un producto comercial valioso para los millones de agricultores, por lo tanto, es un cultivo de seguridad alimentaria altamente recomendado que pueda ayudar a los agricultores de bajos ingresos a sobrevivir a los momentos actuales de inestabilidad en la oferta y la demanda mundial de los alimentos. (Haro, 2019)

Las papas son ricas en micronutrientes, especialmente vitamina C: una papa mediana de 150 gramos proporciona casi la mitad del requerimiento diario de un adulto (100 mg). Contiene Fe en poca cantidad, su contenido de vitamina C favorece la absorción de este mineral. Este tubérculo (Figura 2) contiene vitaminas B1, B3 y B6, así como minerales K, P y Mg, además de ácido fólico, pantoténico, riboflavina y antioxidantes dietéticos. (conpapa, 2017)

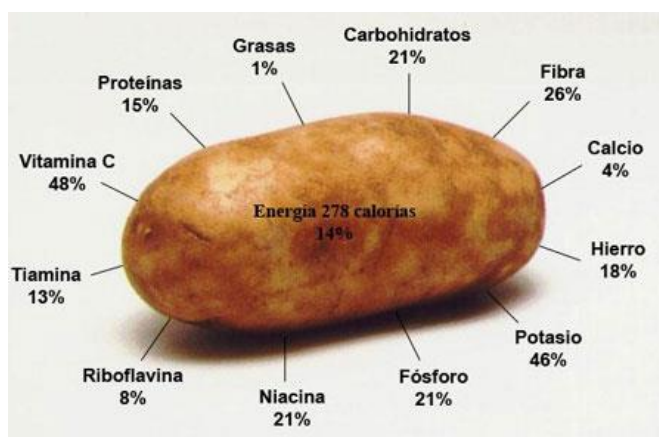


Figura 2 Contenido nutricional de la papa

Fuente: (CONICET & DICYT, 2012)

2.2.1.8 Aspectos Agronómicos

Arada: esta labor requiere una adecuada preparación de arado (25 – 30 centímetros) consiste en el rompimiento de la capa superficial aflojando la tierra, se la realiza con anticipación o se recomienda 2 aradas para que las malezas se descompongan y permitan labores posteriores.

Cruza: actividad opcional que consiste en realizar una arada en sentido contrario para romper terrones y facilitar el trabajo de surcado. (Pumisacho & Velasquez, 2009)

Rastra: para que el suelo quede bien desmenuzado se realiza una cruza de forma vertical y horizontal a unos 20 cm de profundidad.

Surcos: depende del tipo de cultivo a sembrar, se pueden realizar de forma vertical o horizontal con un día de anterioridad con la finalidad de que el agua circule de forma uniforme y evitar la erosión del suelo.

Drenajes: para evitar la acumulación de agua y pérdidas en el cultivo se realizan zanjales o canales que ayuden a eliminar el exceso de agua (Suquilanda , 2012).

2.2.1.9 Zonas de producción

Tabla 2. Principales zonas de producción de papa

Producción de papa en Ecuador		
	Provincia	Variedad
Zona norte	Carchi Imbabura	Superchola, Capiro, Única, Roja, Rosada Parda, Violeta
Zona Centro	Pichincha Cotopaxi Bolívar Chimborazo Tungurahua	INIAP Gabriela, Cecilia, Fripapa, Santa Catalina, Natividad, Superchola Yema de huevo, Uvilla Leona blanca
Zona Sur	Loja Cañar Azuay	Bolona, Uvilla, Carrizo, Suscaleña, Chauchas, Superchola, INIAP Santa Catalina, Fripapa

Fuente: (INIAP, 2014)

2.2.1.10 Variedad Superchola

Esta variedad posee tubérculos medianos de piel rosa, utilizada para el consumo fresco para sopas, puré y para procesamiento para papa frita, hojuela y francesa.

Origen de la variedad: Fue generada por el señor German Bastidas proveniente de los cruzamientos de las variedades (Curipamba negra x *Solanum demissum*) x (clon resistente de comida amarilla x chola seleccionada). Liberada en el año de 1984.

Características morfológicas: La variedad Superchola posee un crecimiento erecto, con tallos verdes bien desarrollados con follaje frondoso de rápido crecimiento, sus hojas presentan un color verde, el color de su flor es morado.

Características agronómicas: Para la variedad Superchola las zonas recomendadas son norte y centro desde los 2800 a 3600 m de altitud con una maduración a los 180 días a 3000 m de altitud. Posee un rendimiento de 30 t ha⁻¹ en un clima templado – frío. La altitud recomendable para el cultivo es de 2750 a 2950 msnm.

Características de calidad: La variedad Superchola contiene una materia seca de 24%, requiere una gravedad específica de 1.098, posee una resistencia a Lancha, Virus, Roya y Rizoctonia. La distancia entre surcos para la variedad Superchola es de 1,10 – 1,20 m mientras que la distancia entre plantas es de 0,30 a 0,40 m (Andrade et al, 2017).

Requerimientos climáticos: La variedad Superchola requiere una altitud de 2600 – 3600 msnm, con una temperatura para su desarrollo de 15 – 20 °C y para su tuberización < 15 °C, requiere un suelo franco bien drenado y profundo, con un Ph de 5 – 6, con un buen contenido de materia orgánica (INIAP, 2014).

2.2.1.11 Plagas y Enfermedades

A continuación, se detallan las principales plagas y enfermedades en el cultivo de papa

Tabla 3. Plagas y Enfermedades

Hongos		
Nombre común	Nombre científico	Agente Causal
Lancha Negra	Phytophthora infestans	El oomiceto: Phytophthora infestans.
Roya	Puccinia pittieriana	El hongo: Puccinia pittieriana.
Rizoctonia	Rhizoctonia solani	El hongo: Rhizoctonia solani
Sarna Polvorienta	Spongospora subterránea	El hongo: Spongospora subterránea.
Bacterias		
Pudrición Blanda	Erwinia	La bacteria: Pectobacterium spp.
Plagas		
Gusano Blanco	Premnotrypes vorax	En adultos son de color café de 7 mm de largo y 4 mm de ancho, en larvas de color blanco cremoso, con la cabeza de café.
Trips	Frankliniella tuberosi	Sus cuerpos son pequeños y alargados de 1,5 mm de color negro y en ninfas son pequeños de 1 mm con colores que varían desde la crema hasta el amarillo.
Minador	Liriomyza spp	El Adulto es una mosca amarilla. Las larvas miden 2,5 mm de largo, no tienen patas ni ojos sus huevos son ovalados de color lechoso y translúcido.

Pulguilla	Epitrix spp	Los adultos son pequeños de 1 a 2 mm de largo de color negro con brillo metálico y sus larvas son de color blanco cremoso y miden de 2 a 3 mm de largo
------------------	-------------	--

Fuente: (INIAP & CIP, 2013)

2.2.2 Alternativas de Biofertilización

La utilización de biofertilizantes es una técnica aplicada en el mundo entero, el uso de estiércol es la práctica más conocida utilizada por el hombre para mejorar el rendimiento de sus cultivos sin causar daño al ambiente. Esta tecnología está vinculada a la utilización de hongos micorrízicos, bacterias fijadoras y solubilizadoras de fósforo, biol, vermicompost entre otros que además de restituir los nutrientes principales aportan y enriquecen el suelo con materia orgánica (Noda, 2009)

2.2.2.1 Micorrizas Autóctonas

Las micorrizas abundan en la biosfera y son un tipo de simbiosis entre el micelio de un hongo y las raíces de la planta, este término acuñado por botánico alemán Albert Berbard en 1885, donde mykos es igual a hongo y rhiza es igual a raíz. (Franco, 2014)

Según Luna, et al. (2020) las micorrizas en la agricultura reducen significativamente los costos de producción, aumentan los rendimientos, cultivos más sanos, se incrementa los nutrientes del suelo, mejora la raíz de la planta, reduce el consumo de agua. Las micorrizas son cruciales en la alimentación, adaptación, y mantenimiento de la planta, estas brindan una mayor resistencia debido a la relación planta- suelo, mediante su reciclaje de nutrientes. (Alvarez & Garcia, 2018)

La relación planta - hongo forma parte de una agricultura ecológicamente sostenible. Entre sus ventajas tenemos mayor absorción de P, Cu y Zn, resistencia contra sequías, protección contra plagas, aumenta la calidad de nutrientes y por ende mejora la fertilidad. (Cuenca et al, 2007)

Los agroquímicos han causado una baja fertilidad en los suelos y por ende el medio ambiente se está deteriorando, desde hace varios años se viene buscando una alternativa para la fertilización de los cultivos. Las micorrizas llegaron para proteger

las raíces contra hongos patógenos, favoreciendo a la reducción de insumos, costos bajos encaminados a una agricultura sana amigable con el ambiente. (Noda, 2009)

Esta asociación hongo - planta denominada mutualismo donde la planta proporciona azúcares al hongo y a su vez este le permite a la planta captar de manera adecuada el agua y nutrientes disponibles en el suelo. Las hifas fúngicas al entrar en contacto con las raíces de las plantas forman un manto y las penetran a través de las células del córtex, influyendo en la producción de sustancias defensivas y haciéndola más resistente contra ataques de hongos y nematodos (Camargo et al, 2012).

Los estudios científicos indican que las micorrizas son un grupo de hongos que forman simbiosis con el 95% de las plantas, las poblaciones de micorrizas tardan en recolonizarse es por eso que la reintroducción de estos hongos en zonas afectadas traerá consigo un sinnúmero de beneficios. (Daniel, 2021)

2.2.2.1.1 Composición Micorrizas Autóctonas

Tabla 4. Recuento de esporas e identificación de microorganismos

	Microorganismos	Recuento
Hongos Micorrízicos	Glomus sp.	6 x 10 ⁵ esporas/g
	Gigaspora sp.	4 x 10 ⁴ esporas/g
Bacterias	Bacillus sp.	2 x 10 ² UFC/g
Hongos y Levaduras	Rhizopus sp.	3 x 10 ² UFC/g
Dosis	10g/planta	

Fuente: (Agromundo, 2018)

Tabla 5. Composición Micorrizas Autóctonas

Micorrizas	
Constituido	Hifas fúngicas (micelio)
Ácidos húmicos	60%
Ácidos fúlvicos	10%
Potasio	8%
Dosis	10g/planta

Fuente: (Terralia, 2018)

2.2.2.2 Micorrizas Comerciales (Safer Micorrizas)

Un producto comercial a base de micorrizas arbusculares de los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Entrophospora* las cuales facilitan el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas. Tras el ataque de hongos fitopatógenos, las micorrizas protegen a las raíces y hacen a la planta más resistente a condiciones de estrés y facilitan su absorción de nutrientes (Agrobiologicos , 2021).

Esta alternativa de biofertilización es amigable con el ambiente, aumenta la productividad en los cultivos reduciendo el uso de agroquímicos. Producto a base de micorrizas arbusculares, que benefician el desarrollo radicular y la producción de las plantas, 100% natural que forma una relación simbiótica con las raíces de las plantas y por lo tanto no causan daño a otros organismos (TecnoAgricola, 2022).

Este bioestimulante contiene como mínimo 300 esporas/gramo de sustrato, posee una buena durabilidad y una vida útil de 24 meses, genera sustancias llamadas glomalinas que permiten mejorar la estructura del suelo (Insumos Biológicos, 2022). Safer Micorrizas presenta la mejor relación costo/beneficio/calidad del mercado y no contamina el medio ambiente

La dosis recomendada para el cultivo de papa es de 10 g/sitio al momento de la siembra o trasplante en campo es un producto 100% natural con base en hongos endomicorrizales que solo forman relaciones simbióticas con raíces de plantas, por lo tanto, no provocan perjuicios a otros seres vivos. (Agrobiologicos , 2021)

2.2.2.2.1 Composición Safer Micorrizas

Tabla 6. Composición Safer Micorrizas

Safer Micorrizas	
Especies	Glomus fasciculatum, mosseae, manihotis, Scutellospora heterogama, Acaulospora rugosa y Entrophospora.
Sustrato	Suelo libre de patógenos bien desinfectado
pH	6,0 – 6,5
%Humedad	14 – 18,6

% Raíces Colonizadas	70% mínimo
Concentración de esporas	300 esporas/gramo
Vida útil	2 años en ambiente fresco y seco
Presentación	Quintales de 10 y 50 kg
Dosis	10g/planta

Fuente: (Agrobiológicos , 2021)

2.2.2.3 Vermicompost

Los biofertilizantes son sustancias naturales que sirven como activadores de las funciones fisiológicas para los cultivos, su aplicación ayuda a un mejor aprovechamiento de los nutrientes, una adecuada opción para mejorar los problemas de infertilidad de los suelos (Reyes et al, 2015). El uso de vermicompost es una alternativa en la agricultura orgánica que cada vez tiene una mayor aceptación por sus resultados. (Prato & Gómez, 2015)

El vermicompostaje es un proceso en el cual participan las lombrices junto con otros microorganismos, donde se reciclan los restos de materia orgánica, las lombrices se alimentan de ellos y lo transforman mediante su digestión en vermicompost. Este proceso permite degradar residuos orgánicos bajo condiciones aerobias y mesófilas. (Villegas & Laines, 2017). Este abono orgánico rico en nutrientes y de baja densidad, se puede aplicar al suelo y así mejorar sus características químicas, físicas y biológicas. Mejorando los rendimientos y sanidad de los cultivos, sin causar riesgos al medio ambiente. (Alfaro, 2016)

La adición de vermicompost constituye una fuente de liberación de nutrientes lenta que mejora las propiedades físicas de los cultivos, estos nutrientes se van poniendo a disposición de la planta a medida que esta los necesite. (Domínguez, Lazcano, & Gómez, 2010)

Son muchos los beneficios que nos brinda este biofertilizante, su uso como bioplaguicida plantea buena expectativa limitando el empleo de agroquímicos, un factor importante es el funcionamiento y la biodiversidad de las poblaciones microbianas que participan en esta transformación de residuos, el vermicompost mejora las propiedades bioquímicas y fisicoquímicas de los suelo, favoreciendo a una

buena retención de agua, difusión de oxígeno y disponibilidad de nutrientes, que al combinarse mejoran la calidad y fertilidad del suelo (Villegas & Laines, 2017).

2.2.2.3.1 Composición Vermicompost

Tabla 7. Composición Vermicompost

Vermicompost	
Conductividad eléctrica	dS/m = 2,6
Acidez	pH = 8,5
Materia orgánica	35%
Relación C/N	25:1
Nitrógeno	1,3%
Fósforo	0,36%
Potasio	3,6%
Dosis	220g/planta

Fuente: (Agromundo, 2018)

2.2.2.4 Bacterias Solubilizadoras de Fósforo

Los mecanismos de solubilización de fósforo mediante procesos de acidificación, quelación e intercambio convierten el fósforo insoluble en forma soluble, movilizándolo aquellos agregados al suelo, logrando suministrar los nutrientes primarios a la planta para un mejor crecimiento (Mora et al, 2021).

La disponibilidad del fósforo en el suelo es cada vez es más limitada, este elemento después del nitrógeno es el más importante para un crecimiento vegetal y una buena producción (Beltrán, 2014). Como expresa (Fernández & Rodríguez, 2005) estos hongos y bacterias promotores de crecimiento y nutrición se juntan íntimamente de manera natural con las raíces de las plantas facilitando la disponibilidad de algunos nutrientes como nitrógeno y fósforo además de generar fitohormonas de crecimiento vegetal.

Asociación de bacterias Azobacter, Bacillus y Pseudomonas con alta capacidad de solubilizar fósforo retenido en el suelo y transformarlo a disponible para la planta. Posee sustancias de crecimiento vegetal como auxinas, giberelinas y citoquininas que

inducen al incremento, alargamiento y retardan el envejecimiento de las raíces respectivamente (Agrodiagnostic, 2016)

Algunas especies de bacterias que se han utilizado como biofertilizantes son las de los géneros Rhizobium, Pseudomonas y Bacillus la cuales predominan en el ambiente y presentan mayor capacidad solubilizadoras de fósforo. (Cepeda, 2008)

2.2.2.4.1 Composición Fosfotic

Tabla 8. Composición Fosfotic

Fosfotic	
Compuesto por	Azotobacter vinelandii, Bacillus cereus, Bacillus licheniformis y Pseudomonas fluorescens.
Extracto de algas	20%
Ácidos Húmicos y Fúlvicos	20%
Hormonas naturales	10%
Dosis	5ml/litro

Fuente: (Ecuaplantas, s.f.)

2.2.2.5 NPK

Como su nombre lo indica este abono está formado por tres macronutrientes primarios (Nitrógeno, Fósforo y Potasio). Los fertilizantes NPK en el mercado son los más completos nutricionalmente es decir cada gránulo está formado por la misma cantidad y su mezcla enriquece nuestro cultivo (Tarazona, 2019).

Estos tres nutrientes ayudan a la planta a crecer y generar frutos. El Nitrógeno está expresado en O_2 , el fósforo como (P_2O_5) y el Potasio como (K_2O) . Es necesario conocer los requerimientos nutricionales de cada planta o cultivo para así usar el fertilizante o mezcla adecuada (Sembralia, 2020).

Todas las plantas requieren NPK. El Nitrógeno es indispensable para un buen crecimiento de la planta. El fósforo promueve la formación de raíces y el desarrollo de flores y frutos. El potasio ayuda a las plantas a trasladar el agua y mejor la absorción de nutrientes. Cabe recordar que las plantas en cada fase requieren distintos

nutrientes, es por eso que encontramos varias composiciones de NPK, de esta manera cuidamos a nuestras plantas colocando la cantidad adecuada de fertilizante (Plagron, s.f.)

2.2.2.5.1 Composición del NPK

Tabla 9. Composición NPK

	Retape 12 – 30 – 16	Aporque 13 – 00 – 30
Nitrógeno (N)	12%	13%
Fosforo (P₂O₅)	30%	0%
Potasio (K₂O)	16%	30%
Magnesio (Mg)	1,6%	3%
Azufre (S)	1,9%	3,8%
Calcio (Ca)	1,4%	1,5%
Zinc (Zn)	0,3%	0,2%
Boro (B)	0,1%	0,3%

Fuente: (Agromundo, 2018)

2.2.2.6 Nutrición

1. Nitrógeno

Indispensable para el crecimiento de la planta, es un componente importante de la clorofila, las plantas absorben el nitrógeno mineral mediante las raíces, la principal función del nitrógeno es indispensable en la producción de masa vegetal y su rendimiento (Acosta , 2021).

2. Fósforo

Es un nutriente que juega un papel importante en la fotosíntesis esencialmente en el transporte de nutrientes, para el crecimiento vegetal. La planta requiere grandes cantidades de fósforo ya que este nutriente recibe la energía luminosa y la moviliza a través de la planta (Alvaro, 2019)

3. Potasio

Evita que la planta se marchite prematuramente, actúa como activador de enzimas, favorece a la absorción de agua. Clave en la síntesis de carbohidratos y proteínas, actuando como activador de enzimas (Bloodnick, 2021).

2.2.3 Suelos Andisoles

Los suelos andisoles presentan materiales piroclásticos expulsados por un volcán en erupción, ocupan un 0,81 % de los suelos del mundo. Se debe su origen al rápido enfriamiento de los materiales expulsados, resultando así un material vítreo volcánico amorfo, se encuentran en lugares que presenten humedad y temperatura, con rápida evolución en suelos tropicales. (Moreno , Ibáñez , & Gisbert, 2011)

Los Andisoles de origen volcánico se encuentran en zonas montañas pertenecientes a Ecuador, Chile, México, Colombia convirtiéndolos en suelos vitales como fuente esencial de alimento permiten cultivos como caña de azúcar, papa, tomate, vegetales entre otros. (AIDA, 2013)

La textura de los andisoles es franco arenoso con buen drenaje, su principal deficiencia es la fijación de fósforo, forman alófanos o humus que se meteoriza con facilidad. (Pineda, s.f.)

En estos suelos predominan minerales, resultado de la meteorización y transformación de materiales con propiedades ándicas, podemos encontrar suelos poco desarrollados hasta suelos muy desarrollados, la precipitación y temperatura ejercen una fuerza directa siendo el clima el principal factor influyente en los Andisoles. (Moreno , Ibáñez , & Gisbert, 2011)

(Ibáñez & Manríquez, 2011) describen a los andisoles como suelos con un color oscuro, ligeros, fáciles de trabajar y con aceptable fertilidad, formados a partir de cenizas y rocas, en Sudamérica son considerados buenos para trabajo agrícola, comúnmente los encontramos en zonas volcánicas.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La presente investigación tiene carácter de cuali-cuantitativo

Cualitativo: se apreció de forma visual el efecto de los tratamientos evaluados y se clasifico por categorías las 6 plantas de cada tratamiento

Cuantitativo: tomando en cuenta las variables (plantas emergidas (%), altura y diámetro en cm, número de tallos(u), peso(kg) y rendimiento) se recolectaron los datos de cada una de las 6 plantas para realizar el análisis estadístico y determinar el mejor tratamiento.

3.1.2. Tipo de Investigación

Experimental

En la presente investigación se utilizó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA), se aplicó una prueba de Tukey al 5% para diferenciar estadísticamente los tratamientos

Campo

La investigación se realizó en el Centro Experimental “San Francisco” Cantón Huaca – provincia del Carchi a campo abierto, además los datos evaluados se obtuvieron in situ.

Bibliográfica

Se recolectó información tomando de referencia a distinta documentación de fuentes primarias y secundarias como: Artículos científicos, libros, revistas, páginas web, informes a nivel nacional e internacional, etc. Dicha información ayudó a adquirir conocimientos para desarrollar la investigación.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis Afirmativa (Ha)

Las alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) con el empleo de micorrizas autóctonas, vermicompost, micorrizas comerciales y bacterias solubilizadoras de fósforo mejora la producción.

Hipótesis Nula (Ho)

Las alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) con el empleo de micorrizas autóctonas, vermicompost, micorrizas comerciales y bacterias solubilizadoras de fósforo no mejora la producción

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 10. Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
	<ul style="list-style-type: none"> Micorrizas Autóctonas 	En la siembra, se coloca 10 g alrededor de la semilla	Inoculación suelo	al Balanza
Variable Independiente	<ul style="list-style-type: none"> Micorrizas comerciales (Safer Micorrizas) 	Al momento de la siembra se pesó 10g y se colocó alrededor de la semilla.	Inoculación suelo	al Balanza
Biofertilización con Bacterias solubilizadoras de fósforo, micorrizas comerciales, Safer micorrizas, vermicompost y fertilización química con (12 -30 -16 y 13 – 00 – 30)	<ul style="list-style-type: none"> Vermicompost 	En la siembra se coloca 220g alrededor de la semilla	Inoculación suelo	al Balanza
	<ul style="list-style-type: none"> Bacterias Solubilizadoras de Fósforo (Fosfotic) 	Se aplicó en drench a la siembra, retape y aporque 5 cc L ⁻¹	Fumigación foliar a cada planta	Bomba de fumigar
	<ul style="list-style-type: none"> Químico 	Se aplicó al retape el fertilizante 12 – 30 – 16 una dosis de 35,3 g/planta y para el aporque con una dosis de 35,3g/planta se utilizó el fertilizante 13 – 00 – 30.	Inoculación suelo	al Balanza

Variable Dependiente

Cultivo de papa

- | | | | |
|---------------------------------------|---|---|----------------------|
| • Germinación (%) | A los 35 dds, se realizó la observación del número de plantas germinadas in situ, contando en unidades y transformado a %. | Observación, conteo y registro in situ. | Cuaderno |
| • Altura (cm) | Con la ayuda de un flexómetro se mide en cm, el tallo mejor desarrollado, colocando una cinta de color rojo para su posterior medición desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja a los 40, 60 y 80 dds. | Observación, conteo y registro in situ. | Flexómetro, cuaderno |
| • Diámetro de tallo (cm) | Colocando una cinta de color rojo se identifica el tallo mejor desarrollado para luego medir su diámetro en cm con un pie de rey en cm a los 40, 60 y 80 días, dejando 2 cm desde el suelo. | Observación, conteo y registro in situ. | Calibrador, cuaderno |
| • Número de tallos (u) | Se realizó el conteo por unidad del número de tallos a los 40, 60 y 80 días en las 6 plantas de las parcelas neta de cada tratamiento. | Observación, conteo y registro in situ. | Cuaderno |
| • Número de tubérculos por planta (U) | En la cosecha, se cuenta el número de tubérculos de las 6 plantas de las parcelas netas. | Observación, conteo y registro in situ. | Cuaderno |

<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación por calibre (1ra, 2da, 3ra) 	<p>A los 180 días se realizó la clasificación de tubérculos por categorías (primera, segunda y tercera) de las 6 plantas de cada tratamiento.</p>	<p>Observación y clasificación por calibre</p>	<p>y Cuaderno, costales</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Peso de tubérculos por planta (kg) 	<p>En la cosecha, se pesó los tubérculos en kg/planta las 6 plantas de cada tratamiento de acuerdo con sus categorías</p>	<p>Observación, pesaje y registro</p>	<p>Balanza, cuaderno</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Económico 	<p>Luego de la cosecha y venta del producto llevamos los datos a costos de producción por hectárea calculando la utilidad neta de cada tratamiento y finalmente obteniendo el C/B para determinar qué tratamiento presenta mayor rentabilidad</p>	<p>Cálculos del rendimiento</p>	<p>del Computadora, cuaderno</p>

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1 Características del sitio

La investigación se realizó en el Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), ubicada en el cantón Huaca provincia del Carchi, esta es un área con alta producción de papa y se ubica en la Latitud N: 861310, Longitud W: 10068437. Presenta una altitud de 2969 m.s.n.m, consta de 45 hectáreas, una temperatura óptima de 12 °C, tipo de suelo franco arcilloso con una buena fertilidad ideal para varios cultivos. (Montaño, 2015)

Tabla 11. Características del ensayo

Número de tratamientos	5
Repeticiones	4
Unidades experimentales	20
Área total del ensayo	525 m ²
Área de la parcela	15 m ²

Fuente: Elaborada por (Obando, F, 2022)

3.4.2 Población y Muestra

Para la presente investigación se utilizó un área experimental de 525 m², un total de 20 unidades experimentales, cada parcela cuenta con 5 guachos y con 6 plantas un total de 30 plantas por parcela, la distancia de siembra fue de 0,50 cm, el espacio entre caminos y surcos de 1 m².

Población, está representada por 300 m² con un total de 600 plantas en 20 parcelas experimentales de 15 m² con 30 plantas cada una.

La muestra se constituye por 20 m² con un total de 120 plantas, en 20 parcelas netas de 1m² con 6 plantas en cada una.

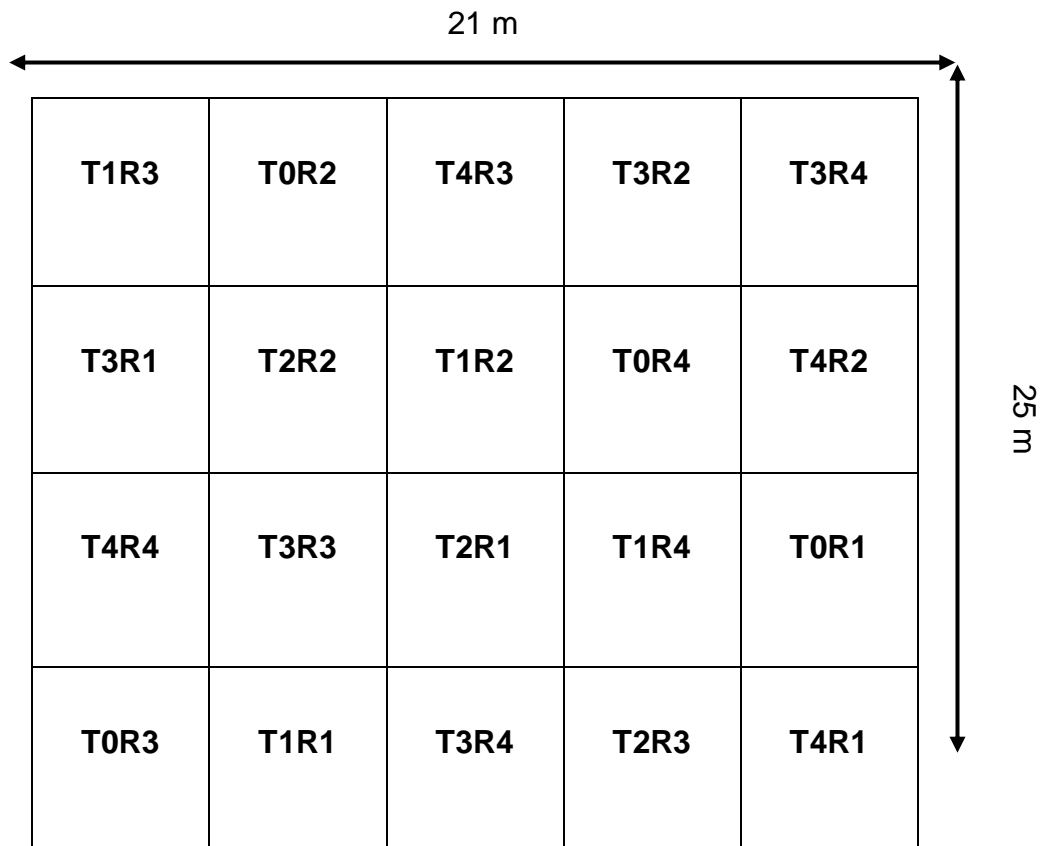


Figura 3 Área Experimental

3.4.2.1 Parcela Neta

Las unidades experimentales se constituyen por 15 m² conformadas por 30 plantas, donde se eligió una muestra de 6 plantas centrales (parcela neta) constituyendo 3 m² de cada tratamiento dando un total de 120 plantas a evaluar.

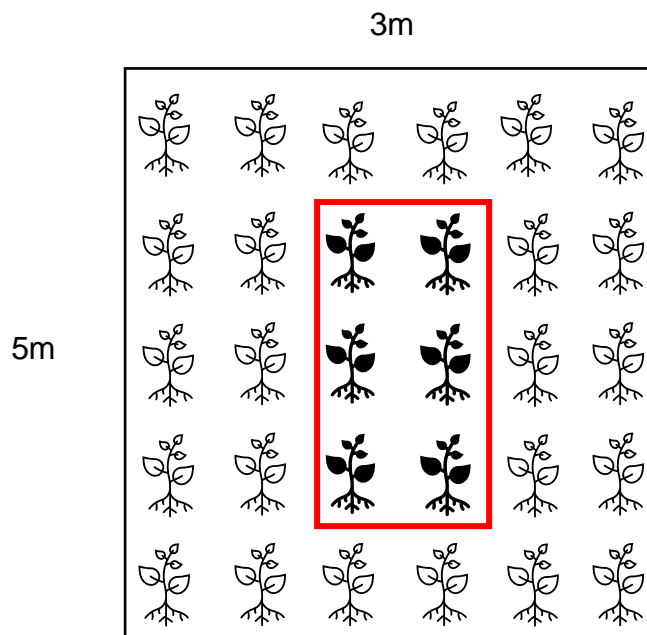


Figura 4 Parcela Neta

3.4.3 Tratamientos

Tabla 12. Tratamientos Evaluados

N	Tratamientos	Descripción
T1	Vermicompost	220 g/semilla
T2	Micorrizas Comerciales (Safer Micorrizas)	10g/semilla
T3	Micorrizas Autóctonas	10g/semilla
T4	BSP (Fosfotíc)	5 ml L ⁻¹
T0	100% NPK químico	35,3 g/planta

3.4.4 Variables Evaluadas

a) Porcentaje de plantas emergidas (%)

A los 35 días *in situ* se observó minuciosamente las plantas emergidas por parcela, contando en unidades el número de plantas y llevándolas a porcentaje de germinación.

b) Altura de planta (cm)

A los 40, 60 y 80 días después de la siembra, con la ayuda de un flexómetro se mide el tallo mejor desarrollado en centímetros de las 6 plantas de cada tratamiento colocando una cinta de color rojo para su posterior medición desde la superficie del suelo hasta el ápice de la planta, posteriormente llevamos un registro en una libreta

c) Diámetro de tallos (cm)

A los 40,60 y 80 dds con la ayuda de un pie de rey colocando una cinta de color rojo se identifica el tallo mejor desarrollado de las parcelas netas para su medición dejando 2 cm del suelo en cada uno de los tratamientos el registro se lo llevó a cabo en una libreta expresándose en centímetros (cm).

d) Número de tallos (u)

A los 40, 60 y 80 días después de la siembra se realizó el conteo en unidad de tallos principales de forma manual en las 6 plantas de las parcelas neta, llevando un registro en la libreta.

En la cosecha

e) Rendimiento y clasificación por calibre

La cosecha se realizó a los 180 días y se clasificó los tubérculos por categorías (primera, segunda y tercera) de forma manual de las 6 plantas de cada tratamiento.

f) Número de tubérculos por planta (u)

De forma manual se realizó el conteo de tubérculos por categoría y total de las 6 plantas de la parcela neta de cada tratamiento

g) Peso de los tubérculos por planta (kg)

A los 180 días después de la siembra con la ayuda de una balanza se pesan de las 6 plantas de cada parcela los tubérculos por categoría y el total llenado registros en una libreta

h) Análisis Económico (C/B)

Después de la cosecha se realizó el costo de producción de cada tratamiento, para esto se tomó en cuenta los egresos e ingresos durante esta investigación, los datos obtenidos fueron llevados a hectárea y así se determinó que tratamiento tiene mejor rentabilidad.

3.4.5 Manejo de la investigación

a) Análisis de suelo

En forma de zigzag 15 días previos a realizar la siembra se tomaron varias muestras a una profundidad de 20 cm de distintas partes del área experimental para luego colocarlas en un recipiente y mezclarlas para obtener una muestra de todo el ensayo.

b) Preparación del terreno

Por los 525 m² de terreno donde se instaló el ensayo se alquiló el tractor por dos horas para la realización de arada y rastrada, y posterior a ello la surcada de forma manual.

c) Instalación del ensayo

Se delimitó con estacas los 525 m², donde fueron divididas 20 parcelas, en cuatro repeticiones y cinco tratamientos, cada parcela de 15m² delimitada con cuatro estacas, piola y letrero para definir el área y diferenciar los tratamientos entre sí.

d) Siembra

Se colocó un tubérculo de segunda categoría con un peso aproximado de 100g, variedad Superchola cada 50cm entre semilla y a 1m entre surco, con un total de 30 semillas por parcela, y 600 semillas en todo el ensayo, posterior a ello se desinfectó la semilla con Beauveria y Trichoderma.

e) Biofertilización

Al momento de la siembra, dependiendo del tratamiento, se colocó 10g de micorrizas autóctonas, 220 g de vermicompost y 10g de Safer micorrizas alrededor de la semilla, para las bacterias solubilizadoras de fosforo (fosfotic) se realizó una fumigación con dosis de 5cc L⁻¹ a la siembra, retape y aporque.

f) Retape

Esta labor se realizó a los 20 dds, permitiendo la incorporación de la fertilización química de acuerdo con los tratamientos y un respectivo control de malezas. Para el tratamiento químico se tomó como referencia la dosis de 35,3g por planta y se utilizó el abono 12 -30 -16. Además, se aplicó la segunda fumigación con fosfotic vía foliar 5cc L⁻¹

g) Deshierba o Medio Aporque

De forma manual se realizó la primera alzada de tierra a los 50 dds con la finalidad de brindar soporte a la planta, eliminar malezas y aflojar el suelo.

h) Aporque

A los 90 días se realizó el aporque está labor da la forma definitiva a los surcos y genera un buen ambiente óptimo para la tuberización. Se colocó en el tratamiento químico una dosis de 35,3g por planta el abono 13 – 00 – 30. Además, se realizó la tercera aplicación de fosfotíc vía foliar 5cc L⁻¹ de acuerdo con los tratamientos.

i) Cosecha

Se realizó de forma manual a los 180 dds, cosechando las seis plantas de la parcela neta de cada tratamiento para así realizar la clasificación por calibre y posteriormente el pesaje de las mismas.

3.4.6 Análisis estadístico

En esta investigación para analizar las variables evaluadas se utilizó el programa Statistix, en el cual se realizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% para medias.

Tabla 13. Representación del análisis de la varianza

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

Elaborado por Fabricio Obando (2022)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1 Porcentaje de plantas emergidas.

Para el porcentaje de plantas emergidas a los 35 días después de la siembra (dds) se realizó la toma de datos, determinando que no existen diferencias significativas entre tratamientos (tabla 14), se observó que algunas plantas no emergieron debido a la pudrición de la semilla y por la humedad presentada por el exceso de lluvias en la zona.

Tabla 14. ADEVA para el porcentaje de plantas emergidas a los 35 dds

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Repetición	3	469,00	156,33		
Tratamiento	4	158,88	39,719	0,72	0,59ns
Error	12	658,82	54,902		
Total	19	1286,70			
Media					86,33
CV (%)					8,58

Leyenda: DF= Grados de libertad; SS= Suma de cuadrados; MS = Variación promedio; F = Frecuencia
P = Grado de significancia; ns= no significativo; CV = Coeficiente de variación

Para la variable porcentaje de planta emergidas se realizó una prueba de tukey al 5% y para una mejor interpretación se empleó una gráfica de barras (Figura 5) los tratamientos que obtuvieron mayor porcentaje de plantas emergidas son el T1 (Vermicompost) seguido del T2 (Safer Micorrizas) y finalmente el T4 (Bacterias Solubilizadoras de Fósforo), (Tabla 15) los resultados se deben al efecto de las alternativas de biofertilización en el suelo, en cambio los tratamientos T3 (Micorrizas Autóctonas) y T0 (100% NPK) tuvieron más incidencia a la pudrición de la semilla, posiblemente por falta de drenaje en los tratamiento y por una desinfección inadecuada.

Tabla 15. Porcentaje de plantas emergidas a los 35 dds

Tratamiento	Media	G.H.
T1	90,83	A
T2	87,49	A
T4	86,66	A
T3	83,33	A
T0	83,33	A

Leyenda: Prueba de tukey al 5%, A= Grupos homogéneos, T1= Vermicompost, T2= Micorrizas Comerciales, T3 = Micorrizas Autóctonas, T4 = Bacterias Solubilizadoras de Fósforo y T0 =100% NPK

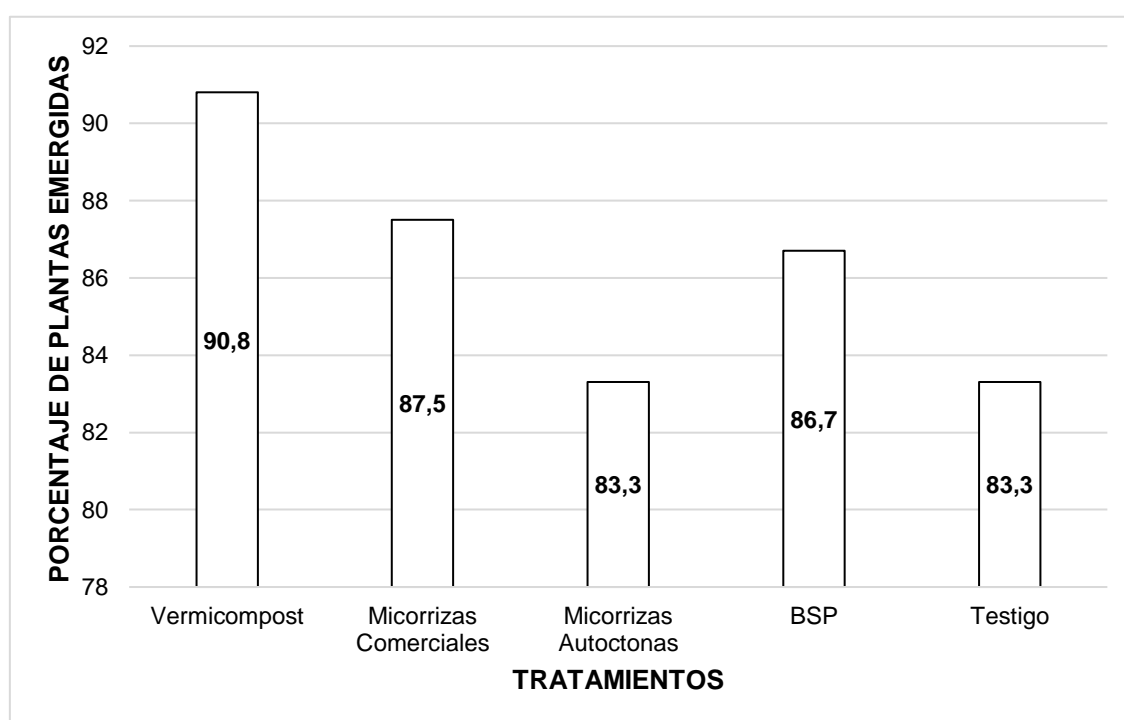


Figura 5 Porcentaje de plantas emergidas

4.1.2 Altura de la planta en cm a los 40, 60 y 80 dds

En la tabla 16 observamos que para la variable altura de la planta a los 40 y 80 dds, no existen diferencias estadísticas significativas, sin embargo, a los 60 dds los T1(Vermicompost), T2 (Micorrizas comerciales), T3 (Micorrizas autóctonas) y T4 (Bacterias Solubilizadoras de fósforo) no presentan diferencias significativas, pero difieren del tratamiento T0 (100% NPK). Asimismo, se evidencia un coeficiente de variación de 40,78%, 40,46% y 38,94% para los 40, 60 y 80 dds respectivamente.

Tabla 16. ADEVA para la variable altura de la planta (cm)

FV	G. L	40 dds	60 dds	80 dds
		p = valor	p = valor	p = valor
Rep/Bloque	3			
Tratamiento	4	0,02*	0,09ns	0,28ns
Error	107			
Total	114			
Media		18,13	33,74	49,76
CV (%)		40,78	40,46	38,94

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

La prueba de significación de Tukey al 5% para altura de planta muestra que a los 40, 60 y 80 dds (tabla 17), el tratamiento que presentó un crecimiento superior fue el T1 con una media de 21,25 cm, 39,50 cm y 56,83 cm, respectivamente; mientras que el tratamiento que presento un menor crecimiento fue el T0 con una media de 15,41cm, 28,18cm y 44,35cm para los días mencionados.

Tabla 17. Altura de la planta en cm a los 40,60 y 80 dds

Tratamiento	40dds	60dds	80dds
	Medías		
T1	21,25A	39,50A	56,83A
T2	20,69A	34,37AB	49,50A
T3	17,04A	33,65AB	49,07A
T4	16,27A	33,00AB	49,0AA
T0	15,41A	28,18B	44,35A

Leyenda: Prueba de tukey al 5%, AB= Grupos homogéneos. T1= Vermicompost, T2= Micorrizas Comerciales, T3 = Micorrizas Autóctonas, T4 = Bacterias solubilizadoras de fósforo y T0 =100% NPK, dds = días después de la siembra.

Los resultados obtenidos se presentan debido a que el vermicompost posee altos contenidos de aminoácidos que permiten un mayor crecimiento vegetal, esto respalda con lo mencionado por Fernández, et al. (2010) quienes afirman que la aplicación de

vermicompost mejora el desarrollo de las plantas y aumenta su rendimiento. Según (Narváez, 2016) es posible considerar que utilizando biofertilizantes en condiciones semicontroladas se mejora la productividad del cultivo de papa, consiguiendo una agricultura sustentable optimizando recursos y mejorando la producción.

Para la variable altura de la planta en la investigación realiza por (Luján , 2018) se observa que la mayor altura fue de 93,97 cm con la aplicación de vermicompost, por otro lado, la aplicación de fertilizante químico presentó la altura más baja con 77, 93 cm. Estos resultados difieren de esta investigación sin embargo la aplicación de vermicompost resulta beneficiosa frente a la aplicación de fertilizante químico para la altura de la planta.

4.1.3 Diámetro de tallo en cm a los 40, 60 y 80 dds

Se realizó en análisis de varianza (tabla 18) para el diámetro de tallo a los 40, 60 y 80 dds, en donde se muestra que existen diferencias significativas en los tratamientos a los 40 y 80 días, mientras que a los 60 días no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos, finalmente se evidencian los coeficientes de variación de 53,94, 40,34 y 37,37 para los 40, 60 y 80 días respectivamente.

Tabla 18. ADEVA para la variable diámetro de tallo en cm a los 40, 60 y 80 dds

		40 dds	60 dds	80 dds
FV	G. L	p = valor	p = valor	p = valor
Rep/Bloque	3			
Tratamiento	4	0,00**	0,10ns	0,03*
Error	107			
Total	114			
Media		0,33	0,68	0,97
CV (%)		53,94	40,34	37,37

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

Se realizó la prueba de Tukey al 5% para la variable diámetro de tallos a los 40 y 80 días, (Tabla 19), donde el tratamiento T0 (100% NPK) presentó el mayor diámetro de tallo frente a los demás tratamientos, con una media de 0,44 mm y 1,06 mm,

respectivamente; mientras que el tratamiento que presentó un menor diámetro fue el T1 (Vermicompost) con una media de 0,21y 0,76mm para los días mencionados.

Tabla 19. Diámetro de tallo de la planta en cm a los 40, 60 y 80 dds

Tratamiento	40dds	60dds	80dds
	Medías		
T0	0,44A	0,76A	1,06A
T4	0,36A	0,74A	1,05AB
T3	0,33AB	0,65A	0,96AB
T2	0,30AB	0,68A	1,00AB
T1	0,21B	0,56A	0,76B

Leyenda: AB.= Grupos homogéneos. T1= Vermicompost, T2= Micorrizas Comerciales, T3 = Micorrizas Autóctonas, T4 = Bacterias solubilizadoras de fósforo y T0 = 100% NPK, dds = días después de la siembra.

(Rodríguez, 2014) menciona que la aplicación de NPK específicamente el Potasio ayuda a las plantas a desarrollar tallos fuertes con un rápido crecimiento y sugiere a los agricultores realizar de 3 a 4 aplicaciones de fertilizantes a lo largo de los 6 meses de cultivo, se recomienda aplicar nitrógeno, fósforo y potasio al mismo tiempo de la siembra para estimular el crecimiento de tallos y proporcionar tolerancia a plagas y enfermedades.

Los resultados obtenidos difieren de las investigaciones realizadas (Flores, 2019) donde el tratamiento con mayor diámetro de tallo fue el T4 (100% NPK + Extracto de Algas) con 1,46 cm y el menor promedio se presentó por el tratamiento T6 (Extracto de algas) con 1,24 cm/tallo. Además (Puetate , 2019) en su investigación indica que, el tratamiento con mejor diámetro de tallo fue el T1 (100% NPK) y T7 (100%NK 75%P + Biol) con 1,71 cm/tallo, mientras que el T8 (Biol) obtuvo el menor diámetro de tallo con 1,51 cm. Sin embargo, la aplicación de NPK mejora el diámetro de tallo.

4.1.4 Número de tallos a los 40, 60 y 80 dds

En la Tabla 20, se observa el análisis de varianza para número de tallos por planta, donde se establece que a los 40, 60 y 80 dds no existen diferencias estadísticas

significativas para el número de tallos ($p > 0,05$), además, se muestra una media de número de tallos por planta de 1,89 a los 40 dds, 2,93 a los 60 dds y 2,93 a los 80 dds.

Tabla 20. ADEVA para la variable el número de tallos a los 40, 60 y 80 dds

		40 dds	60 dds	80 dds
FV	G. L	p = valor	p = valor	p = valor
Rep/Bloque	3			
Tratamiento	4	0,54ns	0,37ns	0,37ns
Error	107			
Total	114			
Media		1,89	2,93	2,93
CV		44,28	35,79	35,79

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.

Se realizó una prueba de Tukey al 5% (Tabla 21) para la variable número de tallos, donde se muestra que T1 (Vermicompost) tuvo el mayor número de tallos por planta frente a los demás tratamientos con una media de 2,12 a los 40 dds y 3,20 a los 60 y 80 dds. Por otra parte, el tratamiento que tuvo resultados por debajo de los demás fue T0 (100% NPK) con una media de 1,79 a los 40 dds y 2,70 a los 60 y 80 dds.

Tabla 21. Variable número de tallos a los 40, 60 y 80 dds

	40 dds	60 dds	80 dds
Tratamiento		Medías	
T1	2,12A	T1	3,20A
T2	1,95A	T2	3,12A
T4	1,84A	T4	2,90A
T0	1,79A	T3	2,75A
T3	1,75A	T0	2,70A

Leyenda: Prueba de tukey al 5%, A= Grupos homogéneos. T1= Vermicompost, T2= Micorrizas Comerciales, T3 = Micorrizas Autóctonas, T4 = Bacterias solubilizadoras de fósforo y T0 = 100% NPK, dds = días después de la siembra.

Los resultados se presentaron debido a que el vermicompost ayuda a la absorción de nutrientes por parte de la planta además de mejorar las propiedades del suelo, así lo afirma (Alvaro, 2019) que debido a su bioestabilidad el vermicompost mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además, su elevada carga enzimática y bacteriana, incrementa la disponibilidad de elementos esenciales como el nitrógeno, fósforo o potasio, mejora la solubilización y favorece al desarrollo de la flora microbiana. Vázquez & Loli, (2018) sugieren que la incorporación de enmiendas orgánicas elaborados a partir de diferentes materiales orgánicos tiene efectos positivos en la recuperación del suelo.

En la investigación realizada por (Luján , 2018) el tratamiento que presentó mayor número de tallos por planta es el vermicompost y estiércol vacuno y el tratamiento con menor número de tallos fue el 100% NPK (NPK). Resultados similares a esta investigación donde el tratamiento con mejor número de tallos es el T1 (Vermicompost) con un promedio de 3,20 tallos/ planta y el tratamiento que presentó menor número de tallos es el T0 (100% NPK) con un promedio de 2,70 tallos/ planta.

4.1.5 Número total de tubérculos en la cosecha

A continuación, se observa el análisis de varianza para la variable número de tubérculos (Tabla 22). Un valor de $p < 0,01$ muestra que si existen diferencias altamente estadísticas entre los tratamientos. Asimismo, se evidencia un coeficiente de variación de 61,01 %, con una media de 17,50 tubérculos por planta.

Tabla 22. ADEVA para la variable número total de tubérculos en la cosecha

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Repetición	3	226,1	75,36		
Tratamiento	4	3334,6	833,65	7,31	0,00**
Error	112	12777,3	114,08		
Total	119	16338,0			
Media					17,50
CV					61,01

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

Para el número total de tubérculos se realizó la prueba de tukey al 5% (Tabla 23) donde el tratamiento T0 (100% NPK) presentó resultados superiores al resto con una media de 27,87 tubérculos por planta, por otra parte, el tratamiento T2 (Micorrizas Comerciales) obtuvo valores inferiores al resto de tratamientos con una media de 13,16 tubérculos por planta

Tabla 23. Número total de tubérculos en la cosecha

Tratamiento	Media	G.H.
T0	27,87	A
T3	15,87	B
T1	15,70	B
T4	14,91	B
T2	13,16	B

Leyenda: Prueba de tukey al 5%, AB= Grupos homogéneos, T1= Vermicompost, T2= Micorrizas Comerciales, T3 = Micorrizas Autóctonas, T4 = Bacterias Solubilizadoras de Fósforo y T0 =100% NPK

Para la variable total número de tubérculos (Stewart, 2007) del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal indica que al aplicar fósforo se incrementa el rendimiento y los tubérculos presentan un mayor número, tamaño y peso de primera categoría. (Dossier, 2006) menciona que al aplicar fertilizante equilibrado NPK influye en el crecimiento de la planta y se asegura una asimilación adecuada de nutrientes para mejorar el crecimiento, desarrollo y mayor número de tubérculos por planta.

(Puetate , 2019) en su investigación presenta que para el total número de tubérculos el tratamiento T1 (100% NPK) presentó una media de 24,3 tubérculos por planta siendo el segundo mejor tratamiento para esta variable. Cabe recalcar que, la papa requiere grandes cantidades de nutrientes para que el tubérculo se desarrolle de mejor manera. Para obtener una buena calidad de tubérculo y rendimiento adecuado es necesario cumplir con las necesidades como tipo de nutriente y fertilización adecuada. (Coraspe et al, 2008)

4.1.6 Clasificación por categorías (primera, segunda, tercera) en la cosecha

En la tabla 24, se puede observar el análisis de varianza para la clasificación por categorías posterior a la cosecha. Un valor de $p < 0,01$ indica que, existieron diferencias altamente significativas entre tratamientos, por lo tanto, se aplicó una prueba de Tukey al 5%.

Tabla 24. ADEVA para la variable clasificación por categorías en la cosecha

		Primera	Segunda	Tercera
FV	G. L	p = valor	p = valor	p = valor
Rep/Bloque	3			
Tratamiento	4	0,00**	0,00**	0,00**
Error	112			
Total	119			
Media		6,19	5,68	5,67
CV (%)		57,79	70,95	100,61

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

En la tabla 25 observamos que para la variable clasificación por categorías, para la primera categoría los tratamientos T0 (100% NPK) y T1 (Vermicompost) no presentan diferencias significativas, pero difieren de los demás tratamientos siendo el tratamiento T2 (Micorrizas comerciales) el que presentó una menor cantidad de tubérculos de primera categoría. Para la segunda categoría los tratamientos T0 (100% NPK) y T2 (Micorrizas comerciales) no presentan diferencias significativas, pero difieren de los demás tratamientos. Finalmente, para la tercera categoría los tratamientos T0 (100%NPK), T4 (Bacterias Solubilizadoras de Fosforo) y T3 (Micorrizas Autóctonas) no presentan diferencias significativas, pero difieren de los demás tratamientos.

Tabla 25. Clasificación por categorías (primera, segunda y tercera) en la cosecha

Tratamiento	Primera	Segunda		Tercera	
		Medías			
T0	9,45A	T0	9.00A	T0	9.41A
T1	7,33AB	T2	6.79AB	T4	6.12AB
T3	6,37B	T1	4.58B	T3	5.70AB
T4	4,58BC	T4	4.16B	T1	3.95B
T2	3,20C	T3	3.87B	T2	3.16B

Leyenda: Prueba de tukey al 5%, ABC = Grupos homogéneos. T1= Vermicompost, T2= Micorrizas Comerciales, T3 = Micorrizas Autóctonas, T4 = Bacterias Solubilizadoras de Fósforo y T0 =100% NPK

Una aplicación equilibrada de NPK ayuda a incrementar el tamaño de los tubérculos esta información se respaldada por (Rios et al, 2010) quienes mencionan que se pueden obtener buenos resultados con la utilización química de abonos 10-30-10 y 8-20-20 mejorado significativamente el rendimiento, la calidad y tamaño de los tubérculos. Al menos un 90% de tubérculos son de categoría primera y el restante es de categoría segunda y tercera.

4.1.7 Peso por categorías en kg en la cosecha

En la tabla 26, se puede observar el análisis de varianza para el peso por categorías, donde un valor de $p < 0.01$, indica que, existieron diferencias altamente significativas para la primera y segunda categoría, sin embargo, para la tercera categoría no hay diferencias significativas entre tratamientos. Así mismo se evidencia un coeficiente de variación de 58,56%, 66,67% y 107,38% para las categorías primera, segunda y tercera respectivamente.

Tabla 26. ADEVA para la variable peso por categorías en kg en la cosecha

		Primera	Segunda	Tercera
FV	G. L	p = valor	p = valor	p = valor
Rep/Bloque	3			
Tratamiento	4	0,00**	0,00**	0,10ns
Error	112			
Total	119			
Media		1,21	0,48	0,17
CV (%)		58,46	66,67	107,38

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

En la Tabla 27, observamos que para la variable peso por categorías, para la categoría tercera no existen diferencias significativas, sin embargo, para la primera categoría los tratamientos T0 (100% NPK) y T1 (Vermicompost) no presentan diferencias significativas, pero difieren de los demás tratamientos siendo el tratamiento T2 (Micorrizas comerciales) el que presentó un menor peso de tubérculos de primera categoría. Para la segunda categoría los tratamientos T2 (Micorrizas comerciales), T0 (100% NPK) y T4 (Bacterias Solubilizadoras de fósforo) no presentan diferencias significativas, pero difieren de los demás tratamientos.

Tabla 27. Peso por categorías en kg en la cosecha

Tratamiento	Primera	Segunda	Tercera
	Medías		
T0	1,65A	T2 0,71A	T0 0,25A
T1	1,43AB	T0 0,60A	T4 0,18A
T3	1,08BC	T4 0,49AB	T1 0,17A
T4	1,04BC	T1 0,34B	T3 0,13A
T2	0,84C	T3 0,25B	T2 0,17A

Leyenda: Prueba de tukey al 5%, ABC= Grupos homogéneos. T1= Vermicompost, T2= Micorrizas Comerciales, T3 = Micorrizas Autóctonas, T4 = Bacterias Solubilizadoras de Fósforo y T0 =100% NPK

(YARA, 2020) que menciona que es importante aplicar los nutrientes en la manera más precisa posible en la zona de absorción, antes de o cuando el cultivo los necesite.

No cumplir con este requisito puede tener como resultado que cada planta tenga efectos negativos tanto en la calidad de cosecha como en rendimiento.

En la investigación realizada por (Mora et al, 2019) el tratamiento que presentó mejor resultado para la variable peso de categoría primera fue el T7 (100% NK +75% P+ Fosfotic+ Safer Micorrizas) con un total de 2,67 kg. Cabe mencionar que la aplicación de Fosfotic + Safer Micorrizas aumenta considerablemente el peso de tubérculos de primera categoría.

Para el peso de categoría segunda el tratamiento con Micorrizas comerciales tuvo el mejor resultado ya que el empleo de biofertilizantes también denominados bioestimulantes ayuda a la planta a aumentar el rendimiento, peso y productividad de las plantas, mejorando las propiedades del suelo y contribuyendo a la agricultura moderna. (Grageda et al, 2012)

Para la categoría tercera datos similares fueron obtenidos en la investigación realizada por (Coro, 2015) donde se presenta un promedio en el rendimiento de 0,30 kg con aplicación de fertilizante químico NPK.

4.1.8 Peso Total en kg en la cosecha

En la tabla 28, se observa el análisis de varianza para la variable peso total por categorías. Un valor de $p < 0.01$, indica que, existió diferencias altamente significativas entre tratamiento, por lo tanto, se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 28. ADEVA para la variable peso total en kg en la cosecha

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Repetición	3	1,59	0,53		
Tratamiento	4	15,18	3,79	3,99	0.00**
Error	112	106,63	0,95		
Total	119	123,41			
Media					1,87
CV (%)					52,16

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

En la tabla 29, se muestra la prueba de Tukey para la variable peso total después de la cosecha, en la cual se observa que los tratamientos T0 (100% NPK) y T1 (Vermicompost) no presentan diferencias estadísticas sin embargo difieren de los demás tratamientos siendo el tratamiento T3 (Micorrizas Autóctonas) el que tuvo un menor peso de tubérculos.

Tabla 29. Peso total en kg en la cosecha

Tratamiento	Media	G.H.
T0	2,52	A
T1	1,94	AB
T4	1,72	B
T2	1,67	B
T3	1,49	B

Leyenda: Prueba de tukey al 5%, AB= Grupos homogéneos, T1= Vermicompost, T2= Micorrizas Comerciales, T3 = Micorrizas Autóctonas, T4 = Bacterias Solubilizadoras de Fósforo y T0 =100% NPK

Para la variable peso total el rendimiento depende de varias condiciones como una buena semilla, fertilización adecuada, labores culturales y factores climáticos. (Giletto et al, 2013) señalan que la calidad y peso de los tubérculos está asociada al genotipo y a factores ambientales, pero con una fertilización adecuada se logra elevados rendimientos y tubérculos de calidad.

4.1.9 Rendimiento de cosecha en t ha⁻¹ a los 180 dds

En la tabla 30, se observa el análisis de varianza para la variable rendimiento de cosecha en t ha⁻¹. Un valor de $p > 0.05$, indica que, no existieron diferencias significativas entre tratamiento, por lo tanto, se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 30. ADEVA para la variable rendimiento en t ha⁻¹ a los 180 dds

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Repetición	3	12,91	4,30		
Tratamiento	4	86,64	21,65	2,81	0.07ns
Error	12	92,55	7,71		
Total	19	192,10			
Media					11,27
CV					24,65

Leyenda: DF= Grados de libertad; SS= Suma de cuadrados; MS = Variación promedio; F = Frecuencia P = Grado de significancia; ns = no significativo

En la tabla 31, se observa que para la variable rendimiento de cosecha no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Sin embargo, el tratamiento T0 (100% NPK) presenta una mayor producción con un valor de 50, 20 t ha⁻¹ en relación con los otros tratamientos.

Tabla 31. Rendimiento de cosecha en t ha⁻¹ a los 180 dds

Tratamiento	Media	G.H.
T0	50,20	A
T1	38,93	A
T4	34,50	A
T2	33,53	A
T3	30,40	A

Leyenda: Prueba de tukey al 5%, A= Grupos homogéneos, T1= Vermicompost, T2= Micorrizas Comerciales, T3 = Micorrizas Autóctonas, T4 = Bacterias Solubilizadoras de Fósforo y T0 =100% NPK

Puetate (2019) en su investigación menciona que el tratamiento T3 (100% NPK + Safer-micorriza) presentó el rendimiento más alto con un valor de 45,16 t ha⁻¹, así mismo Chulde (2019) en su investigación donde el tratamiento T7 (100% NPK + Extracto de algas), muestra los valores más altos de rendimiento con un valor de 40,70 t ha⁻¹ y finalmente Flores (2019) obtuvo una media de 46 t ha⁻¹ con el tratamiento T2 (100%NPK+ FOSFOTIC).

4.1.10 Costo Beneficio

Según el (MAGAP, 2022) en los últimos años el precio del quintal de papa varía, por esto se presenta una tabla con el precio de venta, tomando en cuenta la media de los precios de la categoría primera \$23, segunda \$14 y tercera \$5 para visualizar si tenemos pérdidas o ganancias.

Tabla 32. Relación costo beneficio de cada tratamiento con un precio promedio de 14 USD el quintal (45.45 kg)

Tratamientos	Costo Total \$	Rendimiento qq/ha	Precio \$/qq	Venta \$/ha	Utilidad \$/ha	C: B Índice \$
T0	5931	1008	14	14112	8181	2,4
T1	5463	779	14	10906	5443	2,0
T4	4975	689	14	9652	4677	1,9
T2	5099	671	14	9387	4288	1,8
T3	5015	597	14	8354	3339	1,7

Leyenda: T1= Vermicompost, T2= Micorrizas Comerciales, T3 = Micorrizas Autóctonas, T4 = Bacterias Solubilizadoras de Fósforo y T0 =100% NPK, dds= días después de la siembra, C: B = Costo beneficio

En la tabla 32 con un valor promedio de 14 dólares el quintal observamos que todos los tratamientos presentan beneficios económicos sin embargo los tratamientos con mejor C/B son el T0 (100% NPK) con \$2,40 y T1 (Vermicompost) con \$2,00 es decir que por cada dólar invertido obtenemos una ganancia de \$1,40 y 1,00 centavos respectivamente, por otro lado, el tratamiento que presento un menor beneficio fue el T3 (Micorrizas Autóctonas) con un C/B de \$1,70 es decir que por cada dólar invertido obtenemos una ganancia de 0,70 centavos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo con la investigación y los datos analizados las alternativas de biofertilización constituyen una opción viable para el cultivo de papa influyendo en el rendimiento, altura y número de tallos convirtiéndose en una opción económica para el agricultor.
- La utilización de estas alternativas de biofertilización es de gran importancia ya que benefician al suelo, disminuyen costos y no afectan el rendimiento, obteniendo productos más saludables y fomentando una agricultura sustentable.
- De acuerdo con la investigación el costo/beneficio muestra que los tratamientos T0(100% NPK) y T1(Vermicompost) son los que generan una mayor rentabilidad y presentan el mayor costo beneficio de \$2,40 y 2,00 lo que indica que, por cada dólar invertido obtenemos una ganancia de \$1,40 y \$1,00 con respecto a los valores del mercado.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones en diferentes cultivos y zonas de la provincia del Carchi con la utilización de alternativas de biofertilización (micorrizas, vermicompost, bacterias solubilizadoras de fósforo) para mejorar la nutrición, rendimiento y calidad en los cultivos.
- Dar a conocer a los agricultores la importancia de la utilización de alternativas de biofertilización ya que con un uso adecuado se puede disminuir costos, además mejorar las propiedades del suelo y son amigables con el ambiente.
- Continuar investigando en diferentes suelos y variedades de papa si las alternativas de biofertilización muestran resultados positivos, teniendo en cuenta una dosis adecuada.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta , B. (17 de Febrero de 2021). *Ecología Verde*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/funcion-del-nitrogeno-en-las-plantas-y-su-importancia-2704.html>
- Agrobiologicos . (2021). *Safer Micorrizas M.A* . Obtenido de Safer Micorrizas M.A : <https://safer.com.co/producto/micorrizas/>
- Agrodiagnostic. (2016). *Bacterias solubilizadoras de fósforo (Fosfotic)*. Obtenido de Bacterias solubilizadoras de fósforo (Fosfotic): <http://www.agrodiagnostic.com.ec/productos>
- Agromundo. (2018). Obtenido de https://www.facebook.com/Agromundo-SC-1656234821258202/?_rdr
- AIDA. (2013). *SUELOS ANDISOLES: IMPORTANCIA Y AMENAZAS*.
- Alfaro, J. E. (2016). *EL SUELO Y LOS ABONOS ORGÁNICOS*. Costa Rica: INTA.
- Almeida, J. M. (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)*. Tulcán: Universidad Politecnica Estatal del Carchi.
- Alvarez, E. G., & Garcia, E. (2018). Distribución poblacional de micorrizas en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) afectados por el cambio climático en el municipio de Patacamaya. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 71-78.
- Alvaro. (10 de Diciembre de 2019). *Fertibox*. Obtenido de Fertibox: <https://www.fertibox.net/profile/e28c8952-5792-446d-9c5c-457dc7fe1b51/profile>
- Andrade, Cuesta , Pumisacho, & Velasquez. (12 de Octubre de 2017). <https://cipotato.org>. Obtenido de <https://cipotato.org>: <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/12/35-chola/>

- Beltrán, M. E. (2014). Hongos solubilizadores de fosfato en suelo de páramo cultivado con papa (*Solanum tuberosum*). *Ciencia en Desarrollo*. Obtenido de [http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia22\(2\)_2.pdf](http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia22(2)_2.pdf)
- Bloodnick. (09 de Noviembre de 2021). *Pthorticulture*. Obtenido de Pthorticulture: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-potasio-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Cabezas, R. (04 de Marzo de 2022). *eluniverso*. Obtenido de eluniverso: <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/altos-costos-de-produccion-de-papa-en-ecuador-desde-la-pandemia-del-covid-19-obligan-a-cambiar-de-linea-de-negocio-en-carchi-nota/?modulo=destacadas-uno&plantilla=home>
- Camargo, S. L., Montaña, N. M., De la Rosa, C. J., & Montaña Arias, S. (2012). Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria unam*.
- Castillo, B., Ruiz, J., Pozo, C., & Manrique, M. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). *Espacios*, 11.
- Cepeda, M. V. (2008). *PRUEBA A NIVEL DE INVERNADERO Y DETERMINACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA DE UN BIOFERTILIZANTE PRODUCIDO A PARTIR DE BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO UTILIZANDO UN MEDIO DE CULTIVO ALTERNATIVO*. Sangolquí: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.
- Chávez, P. (2014). *La Papa Tesoro de los Andes*.
- Chulde, J. A. (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.*”. Tulcán: Universidad Politecnica Estatal del Carchi.
- CONICET & DICYT. (2012). Obtenido de <https://www.dicyt.com/noticias/investigadores-argentinos-estudian-como-aumentar-los-polifenoles-saludables-en-la-papa>

- conpapa. (12 de Junio de 2017). *Papa Fresca Mexicana* . Obtenido de Papa Fresca Mexicana : <https://www.conpapa.org.mx/index.php/blog/item/8-las-papas-la-nutricion-y-la-alimentacion>
- Coraspe, H., Muraoka, T., Ide Franzini, V., & Do Prado , N. (2008). Nitrógeno y potasio en solución nutritiva para la producción de tubérculos-semilla de papa. *Agronomía Tropical*.
- Coro, A. P. (2015). *EVALUACIÓN DE 6 TECNOLOGÍAS DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA, EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum L.)*. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Cuenca, G., Cáceres, A., Oirdobro, G., Hasmy, Z., & Urdaneta, C. (2007). Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*, 23-29.
- Cuesta, X., Rivadeneira, J., Pumisacho, M., Montesdeoca, F., Velasquez, J., Reinoso, I., & Monteros, C. (2021). *Manual de cultivo de papa para pequeños productores*. Ecuador: Quito, EC: INIAP-EESC, 2021.
- Daniel. (25 de Mayo de 2021). *Greenfort*. Obtenido de Greenfort: <https://greenfort.com.mx/micorrizas-en-la-agricultura-ventajas-y-beneficios/>
- Domínguez, J., Lazcano, C., & Gómez, M. (2010). Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 26(2).
- Dossier, R. (2006). *Raramila Hydrocomplez Calidad en tabaco*. Obtenido de Raramila Hydrocomplez Calidad en tabaco: en http://www.YaraMilaHydrocomplex_Calidad en Tabaco.mht.
- Ecuaplantas. (s.f.). <https://ecuaplantas.com>. Obtenido de <https://ecuaplantas.com>: <https://ecuaplantas.com/productos/fofotoc/>
- Espinoza, J. (2008). *DISTRIBUCION, USO Y MANEJO DE LOS SUELOS DE LA REGION ANDINA*. Quito: IPNI.
- FAO. (4 de Diciembre de 2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Organización de las Naciones

Unidas para la Alimentación y la Agricultura:
<https://www.fao.org/news/story/es/item/357165/icode/>

FAO. (2022). <https://www.fao.org>. Obtenido de <https://www.fao.org>:
<https://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/es/>

Fernández Luqueño, F., Reyes Varela, V., Martínez Suárez, C., Salomón
Hernández, G., Yáñez Meneses, J., Ceballos Ramírez, J. M., & Dendooven, L.
(2010). Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19699086/>

Fernández, M., & Rodríguez, H. (2005). El papel de la solubilización de fósforo en los
biofertilizantes microbianos. *CIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de
Azúcar*, 27-34.

Flores, S. M. (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.”*. Tulcán: Universidad Politecnica Estatal de
Carchi.

Franco, J. d. (2014). *EFFECTOS BENEFICIOSOS DE LAS MICORRIZAS SOBRE
LAS PLANTAS*. Bioscripts.

Giletto, C., Monti, M., Ceroli, P., & Echeverría, H. (2013). *Efecto de la fertilización
con nitrógeno sobre la calidad de tubérculos de la papa (Var. Innovator) en el
sudeste Bonaerense*. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Grageda, O., Díaz, A., Peña, J., & Vera, J. (2012). Impacto de los biofertilizantes en
la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*.

Haro, L. F. (29 de Abril de 2019). *Brio Agropecuario*. Obtenido de Brio Agropecuario:
[https://brioagropecuario.com/2019/04/29/importancia-de-la-produccion-de-
papa-en-mexico/](https://brioagropecuario.com/2019/04/29/importancia-de-la-produccion-de-papa-en-mexico/)

Hernández, A., & Hansen, A. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de
México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista
internacional de contaminación ambiental*.

- Hidalgo, J. (2017). *La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.
- Ibáñez, J. J., & Manríquez, F. J. (2011). *Los Andisoles (WRB 1998): Suelos Volcánicos*.
- INIAP & CIP. (2013). *Guía fotográfica de las principales plagas del cultivo*.
- INIAP. (2014). Obtenido de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/rpapa>
- INIAP. (2014). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/rpapa>
- Insumos Biológicos. (2022). *Como sembrar*. Obtenido de Como sembrar: <https://comosembrar.website/producto/micorrizas-m-a-safer-1-kg/>
- Intagri. (2017). Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa. *Serie Hortalizas. Núm. 10. Artículos Técnicos de INTAGRI*, 3.
- Luján , Y. E. (2018). *Efecto de tres dosis de "humus de lombriz" Eisenia foetida (Lumbricidae) y tres dosis de estiércol de "Vacuno" Bos taurus (Bovidae) en el rendimiento del cultivo de "Papa" Solanum tuberosum L. (Solanaceae) var. serranita en la Provincia Otuzco - Región La L. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego*.
- Luna, J. C., Zapana, J. G., Cutipa, A. M., & Florida, N. (2020). Efecto de la micorriza (Glomus Intrarradices), en el rendimiento de dos variedades de papa (Solanum Tuberosum L.) en el Altiplano de Puno - Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*.
- MAG. (2016). *LA EFICIENCIA DE USO DE AGUA (EUA) EN EL CULTIVO DE PAPA*.
- MAGAP. (2022). Obtenido de http://sinagap.mag.gob.ec/sina/PaginasCGSIN/Rep_Pre_Prod_X_MercCGSIN.aspx

- Mahimaraja , S., Dooraisamy , P., Lakshmanan , A., Rajannah , G., Udayasoorian , C., & Nataraja, S. (2008). Los biofertilizantes como actor clave para mejorar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos: una revisión.
- Márquez, J. (Mayo de 2021). *INEC*. Obtenido de INEC:
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf
- Márquez, Y., Salomón, J., & Acosta, R. (2019). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *INCA*.
- Méndez, M. J., & Viteri, S. E. (2007). *Alternativas de biofertilización para la producción sostenible de cebolla de bulbo (Allium cepa) en Cucaita, Boyacá*. Boyaca: Universidad Nacional de Colombia.
- Montaño, D. (28 de Octubre de 2015). *ISSUU*. Obtenido de ISSUU:
https://issuu.com/dikamolul1995/docs/datos_de_la_finca_san_francisco.doc
- Mora, R., Aguila, E., Revelo, V., Benavides, H., & Balarezo, L. (2019). Combinación de dos biofertilizantes y fertilización química en la producción de *Solanum tuberosum* cv. Superchola en Andisoles ecuatorianos. *Centro Agrícola*, 44-52.
- Mora, R., García, J., Revelo, V., Puetate, L., Cuaical, E., Aguila, E., & Ruiz, M. (2021). Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la papa. *Cultivos tropicales*.
- Moreno , R., Ibáñez , S., & Gisbert, J. (2011). *ANDISOLES*. Valencia : Universidad Politécnica de València.
- Narváez, F. A. (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*”. Tulcánsidad Politecnica Estatal del Carchi.
- Negrete, A. (2011). *Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (Solanum tuberosum) en Pichincha – Ecuador*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

- Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes*.
- panorama agro. (2018). *Guía de manejo de la papa*. Obtenido de Guía de manejo de la papa: https://panorama-agro.com/?page_id=2551
- Pedraza, R. O., Estrada, G. A., & Bonilla, R. R. (2018). *Los biofertilizantes y su relación con la sostenibilidad agrícola*.
- Pineda, J. (s.f.). *encolombia*. Obtenido de encolombia : <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-andosoles/>
- Plagron. (s.f.). <https://www.plagron.com>. Obtenido de <https://www.plagron.com>: <https://www.plagron.com/es/temas/cual-es-el-valor-de-npk>
- Prato, A. I., & Gómez, M. I. (2015). *Aplicación líquida edáfica y foliar de manganeso en espinaca (Spinacia oleraceae L.) cultivada en sustrato vermicompost*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 8(2), 262–271.
- Puetate, L. M. (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.”*. Tulcán: Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Pumisacho, M., & Velasquez, J. (2009). *Manual de cultivo de papa para pequeños productores*.
- Punina, E. I. (2013). *EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum) C.V. “FRIPAPA” A LA APLICACIÓN DE TRES ABONOS COMPLETOS*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Reyes Pérez, J. J., Torres Rodríguez, J. A., Murillo Amador, B., Herrera Herrera, M. F., Guridi Izquierdo, F., Luna Murillo, R. A., . . . Real Goya, G. E. (2015). *HUMATOS DE VERMICOMPOST Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TOMATE (Solanum lycopersicum L.)*. Universidad de Sonora.
- Rios, J., Jaramillo, S., González, L., & Cotes, J. (2010). Determinación del Efecto de Diferentes Niveles de Fertilización en Papa (*Solanum tuberosum* ssp. Andigena) DIACOL Capiro en un Suelo con Propiedades Ándicas de Santa

Rosa de Osos, Colombia. *Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 5225-5237.

- Rizo, E. (8 de Octubre de 2010). *Hortalizas*. Obtenido de Hortalizas: [https://www.hortalizas.com/miscelaneos/deficiencias-de-fosforo/#:~:text=Un%20pH%205.5%20o%20menor,molida%20\(hacer%20un%20encalado\)](https://www.hortalizas.com/miscelaneos/deficiencias-de-fosforo/#:~:text=Un%20pH%205.5%20o%20menor,molida%20(hacer%20un%20encalado))
- Rodríguez, N. F. (2014). *Micronutrientes en la Agricultura de Alto Rendimiento*.
- Sánchez, S., Hernández, M., & Ruz, F. (2011). *Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios*. España: Estación Experimental de Pastos y Forrajes.
- Sembralia. (26 de Agosto de 2020). <https://sembralia.com>. Obtenido de <https://sembralia.com>: <https://sembralia.com/fertilizantes-npk/>
- Stewart, W. M. (2007). *Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes*. Quito: IPNI.
- Suquilanda, M. b. (2012). *Producción Orgánica de Cultivos Andinos*. Ecuador: FAO.
- Tarazona. (28 de Octubre de 2019). <https://www.antoniotarazona.com>. Obtenido de <https://www.antoniotarazona.com>: <https://www.antoniotarazona.com/que-es-el-abono-npk/>
- TecnoAgricola. (2022). *Agroquímicos*. Obtenido de Agroquímicos : <https://www.buscador.portalteconoagricola.com/vademecum/col/producto/SAFE-R%20Micorrizas%20M.A>
- Terralia. (2018). Obtenido de https://www.terralia.com/vademecum_de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales/view_composition?book_id=1&composition_id=17990
- Vaca, D. (2011). *EFFECTO ACUMULATIVO DE LA VINAZA, APLICADA DURANTE TRES AÑOS, EN EL RENDIMIENTO DE UNA MEZCLA FORRAJERA Y EN LA PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE UN ANDISOL*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

- Valverde , F., Alvarado , S., Torres , C., & Quishpe , J. (2011). *LOS ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE PAPA (Solanum tuberosum L.)*. Quito.
- Vázquez, J., & Loli, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*.
- Villegas, V. M., & Laines, J. R. (2017). *Vermicompostaje: II avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos*. Revista mexicana de ciencias agrícolas.
- YARA. (2020). <https://www.yara.com.ec>. Obtenido de <https://www.yara.com.ec>: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/papa/fertilizacion-de-papas/>

V. ANEXOS



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA



ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR:

NOMBRE OBANDO REINA JEFFERSON FABRICIO CÉDULA DE IDENTIDAD 0402081624
NIVEL/PARALELO: EGRESADO PERIODO ACADÉMICO: 2022 A

TEMA DEL TIC: 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 - Carchi

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

PRESIDENTE: MSC. HERRERA RAMIREZ CARLOS DAVID
DOCENTE TUTOR: MSC. MORA QUILISMAL SEGUNDO RAMIRO
DOCENTE: MSC. ORTIZ TIRADO PAÚL SANTIAGO

De acuerdo al artículo 32: Una vez entregados los documentos; y, cumplidos los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director/a de Carrera designará el Tribunal, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS 4 AULA: 2

FECHA: martes, 23 de agosto de 2022

HORA: 16H00 - 17H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 6,30
2) Trabajo escrito 2,70
Nota final de PRE DEFENSA 9,00

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo 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 martes, 23 de agosto de 2022


MSC. HERRERA RAMIREZ CARLOS DAVID
PRESIDENTE


MSC. MORA QUILISMAL SEGUNDO RAMIRO
DOCENTE TUTOR


MSC. ORTIZ TIRADO PAÚL SANTIAGO
DOCENTE

Adj.: Observaciones y recomendaciones

Anexo 1 Certificado o Acta del Perfil de Investigación



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

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Jefferson Fabricio Obando Reina

Fecha de recepción del abstract: 29 de agosto de 2022

Fecha de entrega del informe: 29 de agosto 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 rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Escaneado electrónicamente por:
EDISON BOANERGES
PEÑAFIEL ARCOS

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN

Anexo 2 Certificado del abstract por parte de idiomas

SISTEMA	EXTENSIVO		LUGAR	FINCA SAN FRANCISCO
ÁREA	10000m2			
FECHA			RESPONSABLE	FABRICIO OBANDO
CONCEPTO	CANTIDAD	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1.- COSTOS DIRECTOS				
MANO DE OBRA				
Siembra/fertilización	10	Jornal	13	130
Retape	10	Jornal	13	130
Surcada	10	Jornal	13	130
Aporque	10	Jornal	13	130
Deshierbe	10	Jornal	13	130
Fumigación	20	Jornal	13	260
Cosecha	30	Jornal	13	390
SUBTOTAL				1300
INSUMOS AGRICOLAS				
Semilla certificada	35	qq	30	1050
SUBTOTAL				1050
ORGÁNICOS				
Trichodermas	476,19	cc	0,18	85,7142
Timorex Gold	2272,76	cc	0,044	100,00
NewBT	2419,05	gr	0,031	74,99
Extracto de algas	3961,9	cc	0,004	15,85
Neem x40	278,67	cc	0,06	16,72
Bauberia	476,19	cc	0,22	104,7618
SUBTOTAL				398,04
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES				
INSECTICIDAS				
Deva z	908,95	gr	0,035	31,81
Taison	3636,19	gr	0,015	54,54
Sensei	3200	cc	0,029	92,80
Brigade 100	1363,62	cc	0,028	38,18
Courage	7600	cc	0,014	105,64
Invicto	5112,19	gr	0,062	316,96
SUBTOTAL				639,93
FUNGICIDAS				
Curalancho	14848,57	gr	0,008	118,79
Kasumin	4924,19	cc	0,016	78,79
Soll	13642,48	gr	0,011	150,07
Diacono	6080,38	cc	0,034	206,73

Topgun	990,86	cc	0,070	69,36
Evito T	2136,38	cc	0,049	104,68
Poder	1818,1	cc	0,074	134,54
Scoba	2051,43	cc	0,024	49,23
Tundra	1139,43	cc	0,026	29,63
Proton	2045,52	cc	0,012	24,55
SUBTOTAL				966,36
FIJADOR				
Spectro	3539,43	cc	0,009	31,85
SUBTOTAL				31,85
MAQUINARIA/EQUIPOS				
Arada y rastra	6	Horas	25	150
Análisis de suelo	1	Unidad	50	50
SUBTOTAL				200
COSECHA				
Costales	571	Unidad	0,3	171,3
Cabuya	1	Unidad	6	6
Trasporte - Sacada	571	qq	0,3	171,3
SUBTOTAL				348,6
TOTAL, COSTOS DE PRODUCCIÓN (525 m²)				4935
Rendimiento (qq)				571
Precio unitario (\$/qq)				14
Ingreso Bruto total				7994
Utilidad neta				3059
Relación Costo/beneficio				0,62
Rentabilidad (%)				62

Anexo 3 Costos de producción

Tratamientos					
T0	100% NPK	706,67	kg	1,41	996,40
T1	Vermicompost	4400,00	kg	0,12	528,00
T2	Micorrizas Comerciales	200,00	kg	0,82	164,00
T3	Micorrizas Autóctonas	200,00	kg	0,4	80,00
T4	BSP	12500,00	cc	0,019	237,50

Anexo 4 Costo de los tratamientos



LABORIOS NORTE

LABORIOS 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		
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	(%)	Clase Textural		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
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 5 Análisis de suelo



Anexo 6 Preparación del Terreno Arada y Rastra



Anexo 8 Preparación del suelo regada de vermicompost



Anexo 7 Delimitación del terreno



Anexo 9 Papa modelo



Anexo 10 Guachada



Anexo 11 Colocación de letreros



Anexo 12 Aplicación de Biofertilizantes



Anexo 13 Toma de datos 1



Anexo 14 Fumigación



Anexo 15 Toma de datos 2



Anexo 16 Fumigación



Anexo 17 Toma de datos final



Anexo 18 Cosecha



Anexo 19 Clasificación por categorías



Anexo 20 Pesaje de los tubérculos