

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES INGENIERÍA AGROPECUARIA

**Tema:** “Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad Superchola en el cantón Huaca - Carchi”.

Trabajo de Integración Curricular previa la obtención  
del título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTORA: Stefanny Shajaira Chicaiza Cabezas

TUTOR: Ing. Segundo Ramiro Mora Quilismal MSc.

Tulcán, 2022

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Stefanny Shajaira Chicaiza Cabezas con número de cédula 172642898-8 ha elaborado bajo mi dirección el TIC titulado: "Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola en el cantón Huaca - Carchi".

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



---

Ing. Segundo Ramiro Mora Quilismal MSc.

**TUTOR**

Tulcán, septiembre de 2022

## **AUTORÍA DE TRABAJO**

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

Yo, Stefanny Shajaira Chicaiza Cabezas con cédula de identidad número: 172642898-8, declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



---

Stefanny Shajaira Chicaiza Cabezas

**AUTORA**

Tulcán, septiembre de 2022

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Stefanny Shajaira Chicaiza Cabezas, declaro ser autora de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: “Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola en el cantón Huaca - Carchi” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



---

Stefanny Shajaira Chicaiza Cabezas

**AUTORA**

Tulcán, septiembre de 2022

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la oportunidad de cumplir un sueño más en mi vida.

A mi familia, por brindarme su apoyo, paciencia, confianza, compañía y motivación en todo momento.

A las autoridades y docentes de la prestigiosa Universidad Politécnica Estatal del Carchi, especialmente a los que conforman la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, por brindarme todas las herramientas y enseñanzas necesarias para mi vida profesional.

Al MSc. Ramiro Mora, tutor de mi investigación, por sus conocimientos impartidos y consejos que me motivaron hasta el final.

## DEDICATORIA

A Dios, quien me ha bendecido  
siempre.

A mis padres, quienes con su amor  
y esfuerzo me permitieron culminar  
mi carrera universitaria.

A mis hermanos, quienes me  
brindaron su apoyo incondicional,  
especialmente a mi hermana  
Leslie, por ser mi calma y mi  
refugio.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	13
INTRODUCCIÓN .....	14
I. PROBLEMA.....	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	16
1.4 OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos .....	17
1.4.3 Preguntas de investigación.....	17
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	18
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.2 MARCO TEÓRICO .....	19
2.2.1 Cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) .....	19
2.2.2 Variedad Superchola .....	25
2.2.3 Requerimientos nutricionales del cultivo de papa.....	27
2.2.4 Fertilización química .....	28
2.2.5 Biofertilización .....	29

III.	METODOLOGÍA .....	35
3.1	ENFOQUE METODOLÓGICO .....	35
3.1.1	Enfoque.....	35
3.1.2	Tipos de investigación.....	35
3.2	HIPÓTESIS .....	36
3.3	DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	37
	.....	39
3.3.1	Variables en estudio.....	40
3.4	MÉTODOS UTILIZADOS .....	41
3.4.1	Localización del experimento.....	41
3.4.2	Características del ensayo.....	42
3.4.3	Población y muestra.....	43
3.4.4	Tratamientos .....	44
3.4.5	Procedimiento .....	44
3.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
4.1	Porcentaje de germinación.....	47
4.2	Altura de planta .....	48
4.3	Número de tallos .....	49
4.3.1	Diámetro de tallo.....	50



4.3.2	Número total de tubérculos por planta.....	52
4.3.3	Peso total de tubérculos por planta .....	53
4.3.4	Número de tubérculos por categorías.....	54
4.3.5	Peso de tubérculos por categorías .....	56
4.3.6	Rendimiento de cosecha .....	57
4.3.7	Relación Costo – Beneficio.....	58
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
5.1	Conclusiones.....	59
5.2	Recomendaciones .....	60
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
VII.	ANEXOS .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de papa.....	19
Tabla 2. Composición nutricional de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	23
Tabla 3. Etapas fenológicas del cultivo de papa variedad Superchola. ....	27
Tabla 4. Recomendaciones de fertilización para una producción de 30 a 50 t/ha. ...	28
Tabla 5. Composición de fertilizantes químicos para cultivo de papa.....	29
Tabla 6. Recuento de esporas e identificación de microorganismos. ....	31
Tabla 7. Composición microbiológica del Fosfotic (BSF).....	33
Tabla 8. Análisis fisicoquímico del vermicompost.....	34
Tabla 9. Operacionalización de variables .....	37
Tabla 10. Características del ensayo experimental. ....	42
Tabla 11. Tratamientos evaluados.....	44
Tabla 12. Representación del análisis de la varianza.....	46
Tabla 13. ADEVA para el porcentaje de germinación a los 35 dds. ....	47
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para porcentaje de germinación a los 35 dds. ....	47
Tabla 15. ADEVA para la variable altura de planta en cm.....	48
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta en cm a los 40, 60 y 80 dds. .....	49
Tabla 17. ADEVA para la variable número de tallos.....	49
Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para número de tallos a los 40, 60 y 80 dds. ....	50
Tabla 19. ADEVA para la variable diámetro de tallo en cm. ....	51

Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de tallo en cm a los 40, 60 y 80 dds. .....	52
Tabla 21. ADEVA para el número total de tubérculos por planta. ....	52
Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para número total de tubérculos por planta. ....	53
Tabla 23. ADEVA para peso total de tubérculos por planta en kg.....	53
Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% para peso total de tubérculos por planta en kg....	54
Tabla 25. ADEVA para número de tubérculos por categorías (1 <sup>o</sup> , 2 <sup>o</sup> y 3 <sup>o</sup> ).....	55
Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% para número de tubérculos por categorías (1 <sup>o</sup> , 2 <sup>o</sup> y 3 <sup>o</sup> ). ....	56
Tabla 27. ADEVA para peso de tubérculos en kg por categorías (1 <sup>o</sup> , 2 <sup>o</sup> y 3 <sup>o</sup> ). ....	56
Tabla 28. Prueba de Tukey al 5% para peso de tubérculos en kg por categorías (1 <sup>o</sup> , 2 <sup>o</sup> y 3 <sup>o</sup> ). ....	57
Tabla 29. Relación costo - beneficio con un precio de venta de \$ 14. ....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la planta de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).	20
Figura 2. Población del ensayo experimental.	43
Figura 3. Muestra del ensayo experimental.	43
Figura 4. Rendimiento de cosecha en tm/ha.	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.	69
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.	70
Anexo 3. Costo de producción en una hectárea.	72
Anexo 4. Resultados del análisis de suelo previo a la investigación.	74
Anexo 5. Delimitación y preparación del terreno.	75
Anexo 6. Siembra (una sola semilla).	75
Anexo 7. Aplicación de biofertilizantes y testigo químico.	75
Anexo 8. Control fitosanitario y labores culturales.	76
Anexo 9. Cosecha.	76
Anexo 10. Toma de datos de la planta y tubérculos cosechados.	76

## RESUMEN

La investigación se realizó en el "Centro Experimental San Francisco" ubicado en el cantón Huaca, provincia de Carchi, con el objetivo de evaluar alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, conformado por cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos y dosis aplicadas fueron: 10 g/planta<sup>-1</sup> de micorrizas autóctonas, 5 ml/L<sup>-1</sup> de BSF, 220 g/planta<sup>-1</sup> de vermicompost, la combinación de 10 g/planta<sup>-1</sup> de micorrizas autóctonas más 220 g/planta<sup>-1</sup> de vermicompost y un testigo 100% químico. Las variables evaluadas fueron germinación, altura de planta, número de tallos, diámetro de tallo, peso total de tubérculos por planta y categorías (1era, 2da, 3era), número total de tubérculos por planta y categorías (1era, 2da, 3era), y análisis económico. Para el análisis estadístico correspondiente se utilizó el programa Statistix 8.0 y se aplicó la prueba Tukey al 5%. Los resultados mostraron que, para el desarrollo vegetativo, los tratamientos compuestos por vermicompost: 4 (vermicompost) y 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost), alcanzaron los mejores resultados en las variables germinación, altura de planta y número de tallos. En cuanto al rendimiento del cultivo, el tratamiento 1 (100% NPK) obtuvo los resultados más altos con 50,41 tm/ha<sup>-1</sup>, sin embargo, el tratamiento 4 (vermicompost) logró valores favorables con 38,94 tm/ha<sup>-1</sup>, por lo que no deja de ser una opción viable para una agricultura sostenible.

**Palabras claves:** micorrizas autóctonas, bacterias solubilizadoras de fósforo, vermicompost, agricultura sostenible.

## ABSTRACT

This research was carried out at the "San Francisco Experimental Center", this center is located in the Huaca canton, province of Carchi; the objective was to evaluate biofertilization alternatives for the cultivation of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) variety Superchola. The experimental design were completely randomized blocks, consisting of five treatments and four repetitions. The treatments and doses applied in this research were: 10 g/plant<sup>-1</sup> of native mycorrhizae, 5 ml/L<sup>-1</sup> of BSF, 220 g/plant<sup>-1</sup> of vermicompost, the combination of 10 g/plant<sup>-1</sup> of native mycorrhizae plus 220 g/plant<sup>-1</sup> of vermicompost and a 100% chemical control. The evaluated variables were germination, plant height, number of stems, stem diameter, total weight of tubers per plant and categories (1st, 2nd, 3rd), total number of tubers per plant and categories (1st, 2nd, 3rd), and economic analysis. Regarding the statistical analysis, Statistix 8.0 program was used, and the Tukey test at 5% was applied. The results for the vegetative development showed that the treatments composed of vermicompost: 4 (vermicompost) and 5 (native mycorrhizae + vermicompost) achieved the best results in the variables germination, plant height and number of stems. Regarding crop yield, treatment 1 (100% NPK) obtained the highest results with 50.41 mt/ha<sup>-1</sup>; however, treatment 4 (vermicompost) achieved favorable values with 38.94 mt/ha<sup>-1</sup>. 1, therefore, it is still a suitable option for sustainable agriculture.

**Keywords:** native mycorrhizae, phosphorus solubilizing bacteria, vermicompost, sustainable agriculture.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la producción de papa ha contribuido a la alimentación de ser humano desde la época prehispánica. En el 2016, la producción de dicho tubérculo alcanzó el volumen más alto con 422 millones de toneladas, producidas por los principales países dedicados a este cultivo, de los cuales se destaca China, Rusia, Ucrania, Estados Unidos, Alemania, entre otros (Basantes et al., 2020).

En Ecuador, el cultivar papa es una de las actividades más importantes en el sector agrícola, por estar relacionado con el ámbito económico, social y productivo. Además, satisface el 60% de la demanda de alimentos a nivel nacional. Es importante destacar que, en el país, a lo largo del tiempo, el manejo del cultivo de esta hortaliza ha evolucionado positivamente, incrementando los rendimientos de toneladas por hectárea notablemente (Basantes et al., 2020).

Según Márquez, (2021), En el 2020, Carchi fue considerada como una de las primeras provincias productoras de papa a nivel nacional, ya que la producción de este tubérculo constituyó el 46% de la producción total en el Ecuador. No obstante, los suelos que caracterizan a esta provincia son de origen volcánico (Puetate, 2019), que desde la década de los años setenta han sido señalados por tener una elevada retención de fósforo (P), siendo un limitante en más del 30% de todos los suelos cultivados y desencadenando una problemática productiva para el agricultor (Vargas & Castro, 2019).

En la actualidad, para mejorar la absorción de nutrientes en el suelo y reducir el uso indiscriminado de productos químicos, la agricultura ha estado orientada hacia un manejo más razonable, haciendo uso de los recursos que la misma naturaleza ofrece, como la utilización de biofertilizantes, los cuales están compuestos por microorganismos beneficiosos dedicados a mantener un equilibrio biológico y físico-químico en el suelo, disminuir los daños ocasionados por patógenos y mejorar el desarrollo vegetativo de los cultivos (Castillo et al., 2016).

## I. PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los suelos Andisoles del mundo están ubicados en el Cinturón de Fuego del Pacífico, el cual está formado por una larga cadena de volcanes que atraviesa los países de México, Chile, Japón, Nueva Zelanda, Ecuador, entre otros (AIDA, 2013). En Ecuador, dichos suelos se encuentran en las zonas altas y humedad de la región Sierra, específicamente en la provincia del Carchi y se caracterizan por presentar una elevada fijación de fósforo, ocasionando baja producción en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) (Córdor, 2018).

Para minimizar el impacto negativo de la baja proporción de fósforo, los agricultores sin conocer los efectos perjudiciales, han optado por agregar cantidades altas de fertilizantes a base de químicos para cubrir los requerimientos de los cultivos que, aunque, en un principio contribuyen a mejorar su rendimiento, con el paso del tiempo generan la disminución de materia orgánica provocando suelos estériles (Alemán de la Torre, 2016).

El manejo de sobredosificaciones de fertilizantes químicos ha originado graves consecuencias ambientales, entre ellas está el proceso de deterioro de la calidad del agua (García & Rosales, 2018), una contaminación del aire por la emisión directa e indirecta de gases de efecto invernadero (González & Camacho, 2017) y provoca la degradación, acidificación, salinización, reducción del pH y alteración de la actividad microbiana en el suelo (Rodríguez et al., 2019).

En Carchi, la mayoría de los agricultores manejan criterios tradicionales en cuanto a los insumos químicos, los cuales generan altos costos de producción al representar el 53,11% del costo total para los pequeños y medianos productores de papa Superchola (Basantes et al., 2020). Además, existe un desconocimiento y la exclusión de nuevas alternativas de biofertilización, tales como el vermicompost, micorrizas autóctonas y bacterias solubilizadoras de fósforo que pueden convertirse en una opción favorable para la agricultura (Puetate, 2019).

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Alta fijación de fósforo en Andisoles y uso inadecuado de abonos químicos por el desconocimiento de biofertilizantes para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el cantón Huaca, provincia del Carchi.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La biofertilización mediante el empleo de vermicompost, micorrizas autóctonas y bacterias solubilizadoras, se caracteriza por enriquecer el suelo con microorganismos benéficos que cumplen varias funciones, entre ellas, la de movilizar el fósforo del suelo para que pueda ser absorbido por las raíces de las plantas (Fuertes & Jarrín, 2015), mejorando el crecimiento vegetativo y brindando mayor resistencia a la planta en condiciones desfavorables, lo que hace que estas alternativas tomen valor dentro de los sistemas agrícolas (Puetate, 2019)

El empleo de nuevas alternativas orgánicas para la nutrición de los cultivos contribuye a la disminución de la demanda indiscriminada de fertilizantes químicos, debido a que estimulan la actividad microbiana del suelo capaces de disponer nutrientes importantes para el desarrollo de las plantas. Además, al suprimir la aplicación de abonos químicos, existe una reducción en los costos de producción para el agricultor, ya que los biofertilizantes están compuestos por materia prima naturales y menos costosas (Cisneros et al., 2017).

Los biofertilizantes proponen una agricultura más consciente dentro de los sistemas de producción, al salvaguardar el medio ambiente y la salud humana, conservar la fertilidad de los suelos, mantener la biodiversidad, favorecer el rendimiento de los cultivos y mejorar la calidad del producto. Todo esto gracias al acercamiento del hombre a los procesos naturales que la misma naturaleza ofrece, por lo que es fundamental que los agricultores vean más allá de lo habitual y conozcan nuevos métodos para cubrir las necesidades de sus cultivos (Chura, 2019).

Por tal razón, la presente investigación está basada en evaluar alternativas de biofertilización a base de micorrizas autóctonas, bacterias solubilizadoras de fósforo, vermicompost y la combinación entre micorrizas autóctonas más vermicompost en el



cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) que favorezcan la absorción del fósforo e incrementen su rendimiento.

## **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 en el cantón Huaca - Carchi.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el efecto de los biofertilizantes (micorrizas autóctonas, bacterias solubilizadoras de fósforo y vermicompost) sobre el desarrollo y producción del cultivo de papa.
- Identificar el tratamiento que muestre mayor rendimiento sobre el cultivo de papa.
- Valorar económicamente los tratamientos estudiados en el cultivo de papa.

### **1.4.3 Preguntas de investigación**

- ¿Qué efecto tienen los biofertilizantes (micorrizas autóctonas, bacterias solubilizadoras de fósforo y vermicompost) sobre el desarrollo y producción del cultivo de la papa?
- ¿Cuál tratamiento mostró mayor rendimiento en el cultivo de papa?
- ¿Cuál es el tratamiento más rentable según la valoración económica?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Luna et al., (2016) de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la hacienda San Isidro de la parroquia Mulaló, cantón Latacunga, en su investigación “Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química”, evaluaron tratamientos orgánicos (gallinaza, humus de lombriz, estiércol de bovino) en comparación con tratamientos químicos sobre el cultivo de papa variedades Libertad y Rosita. Según los resultados obtenidos no se mostraron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a número y peso de tubérculos, por lo que el tratamiento compuesto de humus de lombriz presentó un promedio de 6,98 tubérculos por planta y un peso de 2,01 kg, mientras que el tratamiento químico obtuvo 7,82 tubérculos por planta y un peso de 1,84 kg, concluyendo que el cultivo de papa responde de manera favorable al empleo de abonos orgánicos para el rendimiento del cultivo, convirtiéndose en una buena opción para disminuir la fertilización química.

Narváz (2016), en el Centro Experimental “San Francisco” de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, en su trabajo de titulación “Evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), bajo condiciones semicontroladas”, evaluó 10 tratamientos que logren aprovechar el fósforo no soluble del suelo, por parte del cultivo de papa variedad Superchola. El tratamiento que alcanzó el mejor comportamiento agronómico fue el T6 (tierra + compost + micorrizas), el cual mostró mayor promedio en altura de planta con 84,5 cm y diámetro de tallos con 1,34 cm/tallo. Mientras que, el tratamiento que alcanzó el mayor rendimiento fue el T7 (tierra + compost + fosfotico + micorrizas) con 816,48 g/planta superando al tratamiento químico.

Bautista (2015), en su investigación “Evaluación de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos, en la productividad del cultivo de papa variedad Chola” realizada en la granja “El bosque” ubicada en el cantón Quito, Pichincha, de la Universidad Nacional de Loja, según el análisis económico, determinó que el tratamiento 3 (compost) consiguió una utilidad neta de \$ 15 761,62 con un costo-beneficio de \$

5,45, convirtiéndose en el tratamiento con la rentabilidad más alta, en comparación con los demás tratamientos, incluido el testigo. Así concluye que, el compost es la mejor alternativa para el agricultor en cuanto a costos e ingresos.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

#### 2.2.1.1 Origen del cultivo de papa

El cultivo de papa es originario de los Andes de América del Sur, donde ha sido cultivada desde la época prehispánica. Hace más de 8000 años se encontraron los primeros vestigios de papa durante excavaciones realizadas en los alrededores del pueblo Chilca, ubicado al sur del país vecino Perú. Desde entonces el desarrollo de las variedades adaptables de la papa ha tomado importancia alrededor de todo el planeta (Romo, 2016).

#### 2.2.1.2 Clasificación taxonómica de la papa

Laguna (2019), establece la clasificación taxonómica de la papa (tabla 1).

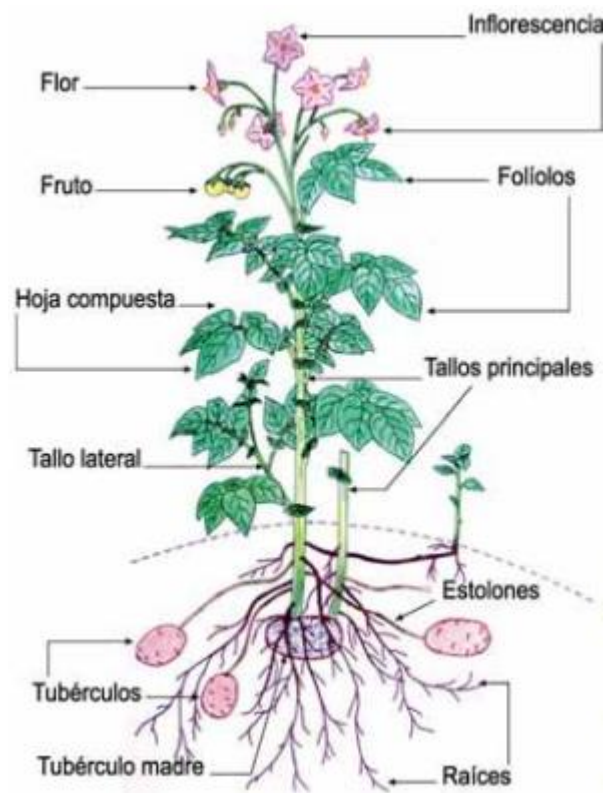
**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del cultivo de papa.

Reino:	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase:	Angiospermae
Subclase:	Dicotiledónea
Orden:	Tubiflorales
Familia:	Solanaceae
Subfamilia:	Solanoideae
Tribu:	Solaneae
Género:	Solanum
Sección:	Petota
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i> L.

**Fuente** (Laguna, 2019).

### 2.2.1.3 Morfología de la planta de papa

La papa es una planta herbácea que consta de varias partes (figura 1):



**Figura 1.** Morfología de la planta de papa (*Solanum tuberosum* L.).

**Fuente:** (Inostroza et al., s.f.)

- **Raíces:** Presenta raíces adventicias cuando nace a partir de tubérculos, primero aparecen en la base de cada brote y después encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo.
- **Tallo:** Presenta tallos circulares en el corte transversal, de coloración verde con pigmentación rojiza o morada. Cuando la planta nace de un tubérculo semilla, presenta varios tallos principales y laterales.
- **Estolones:** Son tallos que nacen horizontalmente de las yemas de los tallos principales que se encuentran debajo del suelo. Estos se transforman a tubérculos, incrementando su tamaño en la parte terminal.
- **Tubérculos:** Son tallos transformados que poseen dos extremos: el basal (ligado al estolón) y apical (extremo expuesto). Este órgano está compuesto por ojos o nudos distribuidos en forma de espiral y cada ojo contiene varias yemas de donde nacen nuevos tallos principales, laterales o estolones.

- **Brotos:** Nacen de las yemas de los ojos de los tubérculos sembrados y dan origen a una nueva planta.
- **Hojas:** Son hojas compuestas, debido a que poseen varios pares de folíolos laterales primarios, folíolos secundarios pequeños y un folíolo terminal.
- **Flor:** Presenta una inflorescencia cimosa, es decir, el pedúnculo está dividido en dos ramas, las cuales se subdividen en otras dos denominadas pedicelos. Las flores son bisexuales y están formadas por: cáliz, corola, estambres y pistilo.
- **Fruto:** Es una baya esférica de color verde que puede contener 200 semillas dependiendo la variedad (Inostroza et al., s.f.)

#### **2.2.1.4 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de papa**

El cultivo de papa requiere una temperatura óptima de 17 a 23 °C. Sin embargo, al ser una planta termoperiódica, requiere una variación de temperaturas entre 10 a 25 °C en el ambiente. En cuanto al suelo, los más recomendados son los francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos que mantengan un pH de 5.0 a 7.0, con un buen drenaje, buena ventilación y una profundidad de más de 50 cm para permitir el desarrollo de los tubérculos. De igual manera, necesita de una pendiente del terreno óptima de 0.0 a 4.0 % para conseguir una buena captación de agua, buena profundidad del suelo y facilitar el acceso de la maquinaria. La altitud perfecta para la siembra es de 1500 a 2500 msnm, pero, puede variar entre altitudes de 460 a 3000 msnm, con vientos moderados, con velocidades menores a 20 km/h para evitar daños y baja producción de tubérculos. Con respecto a la necesidad hídrica, esta va a depender de las condiciones en las que se desarrolle el cultivo y en la etapa en la que se encuentre. Por último, el cultivo de papa requiere de suficiente luminosidad para llevar a cabo la fotosíntesis y las reacciones químicas necesarias para la formación de azúcares y tubérculos, el promedio óptimo es de 8 a 12 horas de luminosidad (Intagri S.C., 2017).

#### **2.2.1.5 Principales plagas y enfermedades del cultivo de papa en Ecuador**

Según Fweltala (2019), Las principales plagas que amenazan al cultivo de papa son:

- Gusano blanco (*Premnotrypes vorax*): El gusano blanco es la plaga más recurrente en los cultivos de papa en Ecuador y tiene gran repercusión, no sólo por el daño físico que ocasiona sino por el alto costo que genera el combatirlo.
- Polilla de la papa (*Tecia solanivora*, *Pthorimaea aperculella* y *Symmetrischema tangolias*): Son lepidópteros que aparecen cuando inicia la etapa de tuberización, por lo que se esconden entre las malezas o al pie de la planta de la papa para alimentarse de los tubérculos.

El mismo autor indica que, las principales enfermedades que amenazan al cultivo de papa son:

- Lancha Tardía o Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*): Esta enfermedad se caracteriza por presentar lesiones pequeñas de color verde oscuro en las hojas de la planta de papa, que con el paso del tiempo y bajo condiciones favorables pueden crecer rápidamente tornándose de color marrón o negras. Estas lesiones pueden provocar el marchitamiento de las hojas e incluso la muerte de la planta.
- Lancha temprana (*Alternaria solani*): Esta enfermedad se presenta en la etapa de floración y se va desarrollando a medida que la planta va madurando. Sus características principales son: manchas necróticas en las hojas y tallos; amarillamiento generalizado de la planta; caída de hojas; muerte precoz y pudrición del tubérculo.

### **2.2.1.6 Importancia del cultivo de papa en el Ecuador**

El cultivo de papa en Ecuador tuvo gran importancia social, al brindar empleo a 82,999 personas, de las cuales el 53% fueron hombres y 47% fueron mujeres. Además, contribuyó con 2,3% al Valor Agregado Bruto (VAB) Agropecuario, donde las provincias con mayor producción fueron: Carchi, Cañar, Imbabura, Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi y Sucumbíos (Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2021).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos ((INEC), 2022), en Ecuador, el área total cosechada de papa en el año 2021 fue de 19 088 hectáreas con una producción de 0,24 millones de toneladas, donde las provincias de Carchi, Bolívar y Chimborazo abarcaron el 49, 82% de la superficie total cosechada, de las cuales,

Carchi logró una producción anual de 0,10 millones de toneladas. De manera que, la producción de este tubérculo, aparte de brindar seguridad alimentaria, es considerada como una fuente importante de ingresos económicos para las familias campesinas, por lo que la mayoría de los agricultores de la sierra ecuatoriana dependen únicamente de su producción para su subsistencia (Mosquera, 2018).

### 2.2.1.7 Potencial nutricional de la papa

La papa es un aporte importante para la alimentación del ser humano, al poseer compuestos que cubren sus requerimientos diarios y ayudan a prevenir enfermedades. Se caracteriza por abarcar un alto contenido de carbohidratos, especialmente de almidón, el cual actúa en beneficio del metabolismo y rendimiento del organismo. (Burgos & De Hann, 2019).

**Tabla 2.** Composición nutricional de la papa (*Solanum tuberosum L.*)

<b>Descripción</b>	<b>Contenido (100 g)</b>
Energía	96 a 123 Kcal
Almidón	16 a 20 g
Proteína	1,76 a 2,95 g
Lípidos	0,1 a 0,5 g
Fibra dietaria	1,8 a 2,1 g
Potasio	150 a 1386 mg
Fósforo	42 a 120 mg
Magnesio	16 a 40 mg
Hierro	0,29 a 0,69 mg
Zinc	0,29 a 0,48 mg
Vitamina C	7,8 a 20,6 mg
Vitamina B6	0,299 mg
Ácido clorogénico	19 a 399 mg
Glicoalcaloides	0,7 a 18,7 mg

**Fuente:** (Burgos & De Hann, 2019)

### 2.2.1.8 Manejo del cultivo de papa

#### Selección de semilla

Para obtener buenos rendimientos del cultivo se debe seleccionar semillas de buena calidad, que cumplan tres puntos importantes: tamaño (La semilla debe pesar entre 80 y 100 gramos), sanidad (Libre de daños mecánicos, pudrición o larvas de insectos) y estado fisiológico (tubérculo semilla se encuentra en inicio de brotación múltiple) (Uribe et al., 2013).

### **Preparación del terreno**

- Arado: Dos meses antes de la siembra, se realiza el arado con ayuda de un tractor o yunta, con la finalidad de romper el suelo y eliminar larvas y pupas de insectos plaga.
- Cruza: Se realiza con ayuda de un tractor o yunta, con la finalidad de despedazar los terrones grandes de suelo para dejarlo uniforme.
- Rastra: Se realiza con tractor y cumple la función de desmenuzar los terrones y reducir los desechos de rastrojos o restos de cosecha.
- Surcado: Un día antes de la siembra, se realiza el surcado con ayuda de un tractor, yunta o manualmente. Consiste en formar los surcos o huachos de forma cruzada a la pendiente (Araujo et al., 2021).

### **Siembra**

La siembra consiste en colocar, dependiendo el tamaño y la variedad, una o dos semillas a lo largo del surco a una distancia de 30 a 50 cm entre golpe y golpe. Posteriormente se cubre la semilla a una profundidad de 10 cm bajo suelo con ayuda de un azadón. Esta labor debe realizarse en periodos de lluvia para asegurar la humedad del suelo (Araujo et al., 2021)

### **Fertilización**

Para una adecuada fertilización es importante realizar previamente el análisis de suelo, el cual permite conocer el nivel de nutrientes que posee este recurso y la cantidad que debe aplicarse. Para el cultivo de papa, la fertilización debe contener nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), por lo que el mercado ofrece combinación de fertilizantes como: 10 – 30 – 10 + nitrato de calcio, 10 – 46 – 00 + muriato de potasio + nitrato de calcio y fertipapa siembra + nitrato de calcio (Araujo et al., 2021).



## **Labores culturales**

- **Retape:** Consiste en aplicar la primera fertilización a los 15 días después de la siembra y tapanlo con una ligera capa de tierra.
- **Deshierba:** Consiste en eliminar las plantas adventicias que compiten con las plantas de papa por agua y nutrientes del suelo y que pueden ser hospederos de patógenos e insectos perjudiciales para el cultivo.
- **Aporque:** Consiste en aplicar la segunda fertilización a los 60 días después de la siembra y colocar tierra en el cuello de la planta de papa, con el propósito de eliminar malezas y cubrir los estolones. También es importante para ahuyentar a las plagas que deseen ingresar a los futuros tubérculos (Araujo et al., 2021).

## **Cosecha**

Primeramente, se afloja la tierra, despejando la planta y abriendo los surcos. Luego, se realiza la recolección de los tubérculos de cada planta y se clasifican en primera, segunda y tercera categoría, dependiendo del tamaño. Posteriormente, se introducen los tubérculos en sacos de polietileno para evitar el ataque de plagas, enfermedades o cualquier factor externo (Araujo et al., 2021).

### **2.2.2 Variedad Superchola**

Esta variedad es el resultado de un mejoramiento genético del cultivo de papa realizado por el investigador Germán Rodrigo Bastidas Vaca después de 20000 cruzamientos. En el año de 1984, la “Superchola” salió al mercado de forma gratuita para que la mayoría de los productores puedan adquirirla y se vaya extendiendo al resto del país (Vélez, 2017).

#### **2.2.2.1 Características principales de la variedad Superchola**

##### **Características agronómicas**

- **Zona productiva:** norte y centro de la región sierra.
- **Altitud:** 2800 a 3400 msnm
- **Floración:** 120 días
- **Maduración/cosecha:** 180 - 210 días
- **Materia seca:** 22 - 24%

- Periodo de dormancia: 80 días (Mastrocola et al., 2016).

### **Características morfológicas**

- Planta de crecimiento erecto.
- Tallos verdes con pigmentación púrpura.
- Follaje frondoso de rápido desarrollo.
- Hojas de color verde intenso con tres o cuatro pares de folíolos laterales, un folíolo terminal, dos o tres pares de folíolos inter hojuelas entre los folíolos laterales y sobre el peciolo.
- Flores de coloración púrpura con color secundario blanco.
- Tubérculos de forma ovalada, ojos superficiales y color rosado principalmente (Mastrocola et al., 2016)

### **Características fitosanitarias**

- Susceptible: lancha (*Phytophthora infestans*)
- Medianamente resistente: roya (*Puccinia pittieriana*)
- Tolerante: nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*) (Mastrocola et al., 2016).

#### **2.2.2.2 Etapas fenológicas del cultivo de papa variedad Superchola**

Según Yanez (1999), la papa variedad Superchola es considerada semitardía y atraviesa 7 etapas fenológicas (tabla 3).

**Tabla 3.** Etapas fenológicas del cultivo de papa variedad Superchola.

<b>Etapas fenológicas</b>	
Fase vegetativa	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Brotación de semilla: Inicia inmediatamente después de la cosecha o después de 60 días.</li><li>2. Emergencia: Dura 26 días y empieza desde la siembra hasta cuando la planta alcanza 10 a 15 cm de altura.</li><li>3. Inicio de la floración: Inicia a los 73 días y comienza cuando las yemas terminales se convierten en botones florales.</li><li>4. Inicio de la tuberización: Inicia a los 88 días y ocurre cuando la parte final del estolón empieza a hincharse.</li></ol>
Fase reproductiva	<ol style="list-style-type: none"><li>5. Fin de la floración: La floración dura 50 días y el fin ocurre cuando todas las flores han reventado.</li><li>6. Fin de la tuberización: La tuberización dura 57 días y finaliza cuando los tubérculos se han terminado de formar.</li></ol>
Fase de maduración	<ol style="list-style-type: none"><li>7. Maduración: Alcanza a los 180 días, posteriormente a este periodo, los tubérculos están listos para ser cosechados.</li></ol>

**Fuente:** (Yanez, 1999).

### **2.2.2.3 Comercialización de papa variedad Superchola**

La comercialización se realiza mediante intermediarios, acopiadores y de manera directa con el consumidor. Sin embargo, la comercialización a través de intermediarios representa el 50,45 % del total de las ventas y es donde más injerencias existe, ya que se encargan de aumentar el precio del producto y disminuir las ganancias del productor. De ahí que, los rendimientos del cultivo de papa no garantizan una buena comercialización, porque, adicionalmente, interfieren otros factores como la sobreproducción, el contrabando y la venta ilegal (Basantes et al., 2020).

### **2.2.3 Requerimientos nutricionales del cultivo de papa**

Los macro-elementos más importantes para la nutrición de los cultivos son:

- Nitrógeno (N): Necesario para la formación de proteínas, división celular, fotosíntesis y es parte importante de la molécula de clorofila.
- Fósforo (P): Necesario para el crecimiento de la raíz, utilización de azúcares y en los procesos de la fotosíntesis y transferencia de energía.

- Potasio (K): Necesario para la formación de aminoácidos y proteínas, además, es importante para el proceso de la fotosíntesis, formación de frutos, resistencia a enfermedades y bajas temperaturas. Previene la marchitez de la planta (Beltrán & Bernal, 2022).

El cultivo de papa exige mayor cantidad de nutrientes a los 50 días, cuando empieza el incremento del follaje y la etapa de tuberización. La planta de papa necesita menor proporción de fósforo en comparación con el nitrógeno y potasio, sin embargo, por la indisponibilidad de este nutriente en los suelos, la aplicación de fertilizantes fosfatados es aplicado en mayor cantidad (tabla 4) (Oyarzún et al., 2002).

**Tabla 4.** Recomendaciones de fertilización para una producción de 30 a 50 t/ha.

Fracción disponible en el suelo	Recomendación de fertilización (kg/ha)			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
Bajo	150-200	300-400	100-150	40-60
Medio	100-150	200-300	60-100	20-40
Alto	60-100	100-200	40-60	0-20

**Fuente:** (Oyarzún et al., 2002)

#### 2.2.4 Fertilización química

La fertilización es la práctica de proveer nutrientes esenciales a la planta, los cuales deben estar disponibles para su absorción y metabolismo mediante las raíces, el agua y el oxígeno del suelo (Cerisola, 2015).

La fertilización química se caracteriza por ser creada a base de sustancias artificiales que nutren los suelos para la agricultura, esta nutrición contribuye al desarrollo correcto de la planta y al aumento del rendimiento de tubérculos en la cosecha. Los fertilizantes químicos están compuestos por los minerales más demandados en los cultivos, que son el N, P y K, los cuales se miden en porcentajes y se proporciona en distintos grados, como por ejemplo 12 – 30 – 16, siendo 12% de N, 30% de P y 16% de K. Este tipo de fertilización se ha convertido en la opción más convencional para los agricultores por su rápida y fácil absorción, sin embargo, su uso excesivo y continuo acarrea grandes problemas, como: la contaminación del aire, la contaminación del suelo, desequilibrios en los contenidos microbianos del suelo, problemas de salud de los agricultores, entre otros (Villareal, 2012).

## Composición de los fertilizantes químicos completos

**Tabla 5.** Composición de fertilizantes químicos para cultivo de papa.

	Retape 12 – 30 – 16 (%)	Aporque 13 – 00 – 30 (%)
Nitrógeno (N)	12	13
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	30	0
Potasio (K <sub>2</sub> O)	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 S.C, 2018)

### 2.2.5 Biofertilización

Las poblaciones microbianas cumplen funciones importantes en los sistemas agrícolas, ya que poseen la capacidad de descomponer residuos orgánicos, eliminar contaminantes recalcitrantes y enfermedades de las plantas, producir vitaminas y hormonas estimuladoras de crecimiento vegetal y aportar nutrientes importantes al suelo. En este contexto, los biofertilizantes son insumos originados a base de microorganismos beneficiosos que habitan naturalmente en el suelo y promueven la absorción y circulación de nutrimentos requeridos por las plantas, incrementando la productividad de los cultivos y disminuyendo el uso de fertilizantes químicos, además, permite una producción más rentable, menos contaminación ambiental y la conservación de los suelos. Dichos microorganismos pueden ser aplicados en las semillas, en la superficie de las plantas o directamente en el suelo (Beltrán & Bernal, 2022).

Las principales aportaciones de los biofertilizantes son: proporcionan nutrientes esenciales a la planta, sintetizan fitohormonas que estimulan la germinación, el desarrollo vegetativo y la producción de frutos, aumentan la resistencia de la planta ante el estrés, impulsan las defensas naturales de las plantas, compiten con los patógenos apartándolos desde la raíz, impiden el desarrollo de ciertos patógenos, recobran la fertilidad y biodiversidad del suelo, recuperan la estructura natural del

suelo e incrementar la materia orgánica y la cantidad de microorganismos benéficos (BioEconomía, 2021).

### **2.2.5.1 Alternativas de biofertilización**

#### **1. Micorrizas**

Según evidencias fósiles y moleculares las micorrizas se originaron hace más de 400 millones de años, donde se encontraron las primeras asociaciones entre plantas y hongos (Sabando & Bernal, 2021). Osorio (2012), expone que el término micorrizas se refiere a una interacción simbiótica natural entre las raíces del 95% de las plantas y ciertos hongos del suelo. Es un beneficio mutuo, donde la función de dichos hongos es colonizar la raíz y suministrar agua y nutrientes a la planta que son absorbidos del suelo mediante su red externa de hifas, mientras que, la función de la planta es proveer compuestos carbonados que el hongo necesita como fuente de energía. Existen dos clases de micorrizas, las ectomicorrizas y las endomicorrizas, esta última integra a la mayoría de las plantas de interés agronómico y a los hongos Glomeromycetes, conocidos como hongos micorrizo-arbusculares (HMA). Las esporas e hifas de estos hongos nacen en el suelo e infectan las raíces, colonizando la epidermis y las células, además, dentro de los tejidos radiculares el hongo forma estructuras denominadas arbusculos que permiten el intercambio de nutrientes.

El mismo autor, menciona que es necesario aplicar micorrizas cuando:

- Las plantas demandan gran porción de P.
- La disponibilidad de P es baja.
- Existe escasa población de hongos micorrizales.
- El suelo está erosionado o contaminado.
- Existe un mal manejo de fungicidas.

#### **Funcionamiento de las micorrizas en la absorción de fósforo**

Los suelos andinos del Ecuador poseen poca disponibilidad del P, es decir, que este nutriente no se encuentra en un estado disponible o asimilable por las plantas. Para remediar este suceso, las micorrizas se convierten en una opción viable al aportar

macronutrientes al suelo y a las plantas de manera económica y sustentable (Sabando & Bernal, 2021).

Las plantas asociadas con los hongos micorrízicos absorben y acumulan más P a diferencia de las plantas sin micorrizas, debido a que las raíces más las hifas del hongo actuando como extensión de la misma, pueden abarcar mayor volumen de suelo y absorber el fósforo inmóvil (Faggioli et al., s.f.)

### **Beneficios de las micorrizas para el suelo**

Las micorrizas tienen la capacidad de regenerar y mejorar los suelos que han sufrido procesos de erosión y desgaste de nutrientes, además, restablecen la estructura del suelo, incrementando su capacidad de retener agua. Esto lo hacen mediante el enriquecimiento de materia orgánica y la formación de agregados al suelo, permitiendo la adhesión de partículas gracias a una proteína exudada del micelio y la glomalina del hongo (Blandón et al., 2017). Los hongos micorrízicos cumplen una función ecológica y sostenible en el suelo al contribuir con el aumento de productividad de los cultivos, restauración de la microfauna y preservación del ecosistema (Garzón, 2016).

### **Micorrizas autóctonas**

Estas micorrizas son procedentes de un bosque nativo ubicado en el caserío Taya, perteneciente a la parroquia Urbina, en Carchi, por lo que se las considera autóctonas de la provincia. El análisis microbiológico de la muestra de micorrizas autóctonas, resultó un recuento de esporas de micorrizas y microorganismo que habitan de forma natural en el suelo de dicha zona. La dosis de aplicación es de 10 gramos por planta (tabla 6).

**Tabla 6.** Recuento de esporas e identificación de microorganismos.

	<b>Microorganismo</b>	<b>Recuento</b>
Hongos micorrízicos	Glomus sp.	6 x 10 <sup>5</sup> esporas/g
	Gigaspora sp.	4 x 10 <sup>4</sup> esporas/g
Bacterias	Bacillus sp.	2 x 10 <sup>2</sup> UFC/g
Hongos y levaduras	Rhizopus sp.	3 x 10 <sup>2</sup> UFC/g
Fitopatógenos	---	----

**Fuente:** (Agromundo S.C, 2018)

## 2. Bacterias Solubilizadoras de fósforo (BSF)

En la agricultura, la búsqueda de nuevas estrategias para mejorar el manejo y nutrición de los cultivos no se detiene. En ese sentido, han existido investigaciones dedicadas a descubrir alternativas que mejoren la disponibilidad del P en los suelos mediante el empleo de microorganismos, siendo una opción menos costosa y amigable con el medio ambiente. Una de las alternativas propuestas por los investigadores es el uso de bacterias solubilizadoras de fósforo (Cisneros et al., 2017).

Corrales et al., (2014), explican que el fósforo puede clasificarse en orgánico e inorgánico. El P orgánico está representado como fosfato de inositol, ácidos nucleicos y fosfolípidos, los cuales pueden ser degradados por microorganismos presentes en el suelo que, al hidrolizarlos por medio de enzimas, los convierten en fosfatos, los cuales son asimilable por las plantas. Por otro lado, el P inorgánico está presente en minerales como las apatitas, hidroxiapatitas y oxiapatitas que no son aprovechables por las plantas por su insolubilidad, sin embargo, existen bacterias que los solubilizan mediante la producción de ácidos orgánicos, como el ácido glucónico, el cual posee la capacidad de liberar fosfatos y cationes al suelo que son digeribles por las plantas. Específicamente, las bacterias emplean la ruta metabólica de la glucosa para producir los ácidos orgánicos, permitiendo la acidificación del suelo y posibilitando la absorción de P. Estos ácidos disponen de carga negativa que capturan a los iones metálicos vinculados con el fósforo insoluble, como el  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$  y  $\text{Al}^{+2}$ , formando complejos solubles que pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas. Entre las bacterias que cumplen la función de solubilización se encuentran: *Bacillus*, *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Flavobacterium*, *Rhizobium*, *Yarrowia*, *Aerobacter*, *Stenotrophomonas*, *Achromobacter* y *Erwinia*.

### Fosfotic

Es un producto biológico nativo del Ecuador compuesto por bacterias capaces de acondicionar el suelo, biofertilizar y solubilizar el fósforo haciéndolo disponible para la planta. La dosis de aplicación es de 5 mililitros por un litro de agua (tabla 7).



**Tabla 7.** Composición microbiológica del Fosfotic (BSF).

<b>Composición</b>	<b>Concentración</b>
Bacterias solubilizadoras de fósforo	40%
Ingrediente inerte	60%
Contenido UFC	$5 \times 10^{12}/\text{mL}$

**Fuente:** (Agrodiagnostic, 2018)

### **3. Vermicompost**

La historia del vermicompost inició a mediados de los años 40, cuando se emplearon lombrices rojas californianas en Estado Unidos para aumentar la fertilidad del suelo, sin embargo, fue en los años 70 cuando se reconoció gracias a estudios científicos y tecnológicos la capacidad de este animal invertebrado. Con respecto al vermicompostaje, mencionan que es un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica producido por la interacción conjunta de lombrices y microorganismos bajo condiciones aeróbicas, donde las lombrices cumplen la función de conducir el proceso a través de la fragmentación y preparación el sustrato para la acción microbiana, mientras que, los microorganismos son responsables de la degradación de la materia orgánica (Villegas & Laines, 2017).

Este abono orgánico, también conocido como humus de lombriz o lombricompost, es el resultado de la transformación de residuos orgánicos gracias a la acción de las lombrices de tierra, especialmente de la *Eisenia foetida*. Dicha transformación se produce mediante el consumo de los residuos que, al pasar por su intestino, se combinan con elementos minerales, microorganismos y fermentos, permitiendo una transformación bioquímica y obteniendo humus enriquecido proveniente de sus eyecciones (Flórez, 2020).

El mismo autor menciona que la *Eisenia foetida*, denominada lombriz roja californiana es aprovechada por aportar altos niveles de fósforo, aumentando la disponibilidad de este elemento en el suelo, lo cual favorece a la nutrición de los cultivos y a la disminución del uso de fertilizantes químicos. Asimismo, varios estudios han demostrado que la aplicación de vermicompost a las plantas causa efectos positivos en su desarrollo y crecimiento, logrando aumentar la productividad de los cultivos (Domínguez et al., 2010).

## Principales beneficios del vermicompost en el suelo

Según Olivera & Avellaneda, (2018) Los principales beneficios que brinda el vermicompost al suelo son:

- Favorecen al incremento de materia orgánica en los suelos.
- Promueven el reciclaje de nutrientes.
- Mejoran la disponibilidad de los nutrientes en los suelos ácidos.
- Incrementan la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Mejoran las propiedades físicas del suelo: estructura, porosidad, retención de humedad.
- Reducen la erosión hídrica y eólica del suelo.
- Aportan microorganismos beneficiosos, enzimas y otros metabolitos que participan en la transformación de la materia orgánica.
- Son fuentes de fitohormonas que contribuyen al crecimiento de las plantas.
- Incrementan la productividad de los cultivos (Olivera & Avellaneda, 2018).

El Vermicompost está compuesto por: materia vegetal (rastros de cocina, materia verde en general), estiércol de animales domésticos (vacunos, equinos, porcinos y ovinos) y lombriz californiana (*Eisenia fetida*) y su dosis de aplicación es de 220 gramos por planta.

**Tabla 8.** Análisis fisicoquímico del vermicompost.

<b>Análisis fisicoquímico</b>	
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

**Fuente:** (Agromundo S.C, 2018)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE METODOLÓGICO**

##### **3.1.1 Enfoque**

###### **Cuantitativo**

Tuvo una recolección de datos basados en medición numérica (porcentaje, altura, diámetro, cantidad y peso) y la aplicación de un análisis estadístico para obtener los resultados de la investigación.

###### **Cualitativo**

Se hizo la verificación de la calidad del producto, separando por categorías los tubérculos cosechados de la parcela neta de cada tratamiento.

##### **3.1.2 Tipos de investigación**

###### **Campo**

La investigación se estableció a campo abierto en el Centro Experimental “San Francisco” perteneciente a la UPEC, ubicado en el cantón Huaca, provincia del Carchi.

###### **Experimental**

En la presente investigación se empleó un ensayo de diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones para la obtención de resultados de los diferentes tratamientos mediante un análisis estadístico.

###### **Bibliográfica**

Para la investigación se ha tomado de referencia a diferentes documentaciones como: artículos científicos, páginas web, revistas, etc., para reforzar el conocimiento de las variables planteadas.

## 3.2 HIPÓTESIS

### **Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):**

Las alternativas de biofertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola, empleando micorrizas autóctonas, bacterias solubilizadoras de fósforo y vermicompost en Andisoles, no aumentan la producción.

### **Hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>):**

Las alternativas de biofertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola, empleando micorrizas autóctonas, bacterias solubilizadores de fósforo y vermicompost en Andisoles, aumentan la producción.

### 3.3 DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 9.** Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
<b>Independientes:</b> Biofertilizantes	Micorrizas autóctonas	Se aplicó 10 gramos alrededor de la semilla en época de siembra.	Inoculación manual	Balanza digital
	Bacterias solubilizadoras de fósforo	Se aplicó 5ml/L <sup>-1</sup> de agua en época de siembra, retape y aporque.	Aspersión manual	Bomba de fumigación
	Vermicompost	Se aplicó 220 gramos alrededor de la semilla en época de siembra.	Inoculación manual	Balanza digital
	Micorrizas autóctonas + vermicompost	Se aplicó 10 gramos de micorrizas autóctonas más 220 gramos de vermicompost alrededor de la semilla en época de siembra.	Inoculación manual	Balanza digital
Fertilizante químico	100% NPK	Se aplicó manualmente 35,3 gramos alrededor de la planta en el retape y aporque.	Inoculación manual	Balanza digital

<b>Dependiente:</b> Cultivo de papa	Germinación (%)	In situ a los 35 días después de la siembra se contabilizó las plantas emergidas en unidades y se llevó a porcentaje.	Observación, conteo y registro	Cálculo de porcentaje (%), y cuaderno de apuntes
	Altura de planta (cm)	A los 40, 60 y 80 días después de la siembra, se midió la altura de la planta con un flexómetro en centímetros, desde la base del tallo señalado con una piola verde, hasta la yema terminal.	Observación, medición manual y registro.	Flexómetro y cuaderno de apuntes
	Número de tallos (u)	A los 40, 60 y 80 días después de la siembra se realizó el conteo de cada uno de los tallos de las plantas que conformaban la parcela neta.	Observación, conteo y registro	Cuaderno de apuntes
	Diámetro de tallo (cm)	A los 40, 60 y 80 días después de la siembra, se realizó la medición del diámetro del tallo señalado con una piola verde, con un calibrador en centímetros.	Observación y registro	Calibrador pie o de rey, cuaderno de apuntes

Número total de tubérculos por planta (u)	Después de la cosecha, se realizó el conteo total de los tubérculos por cada planta que conformaba la parcela neta.	Observación, manual y registro	Cuadernos de apuntes
Peso total de tubérculos por planta (kg)	Después de la cosecha, se pesó con la balanza digital en kilogramos, los tubérculos de las 6 plantas que conformaban la parcela neta.	Observación, pesaje y registro	Balanza digital y cuaderno de apuntes
Número de tubérculos de primera, segunda y tercera categoría	Después de la cosecha, se clasificó los tubérculos por calibre y se contó el número de tubérculos por cada categoría de las plantas que conformaban la parcela neta.	Observación, manual y registro	Cuadernos de apuntes
Peso de tubérculos de primera, segunda y tercera categoría (kg)	Después de la cosecha, se clasificó los tubérculos por calibre y se pesó con la balanza digital en kilogramos, los tubérculos de las plantas que conformaban la parcela neta.	Observación, pesaje y registro	Balanza digital y cuaderno de apuntes
Análisis económico	Después de la cosecha y para comercializar, se realizó un análisis económico-costos/beneficio.	Fórmula de índice C/B	$\frac{\text{Valor de utilidad neta}}{\text{Costo de producción total}}$

### **3.3.1 Variables en estudio**

#### **Variables morfológicas**

##### **Germinación**

A los 35 días después de la siembra, se realizó el conteo minucioso de las plantas emergidas, en relación de las 30 semillas de tubérculo sembradas en cada parcela, determinando así su poder germinativo y transformándolo a porcentaje (%).

##### **Altura de planta**

Primeramente, se señaló con una piola de color verde el tallo principal o el tallo con mejor crecimiento de cada una de las 6 plantas que conformaban las parcelas netas para su posterior identificación. Posteriormente, a los 40, 60 y 80 días después de la siembra, se midió con ayuda de un flexómetro en centímetro (cm), desde la base del tallo hasta la yema terminal de la planta, y por último, se hizo el registro de los datos en una libreta de apuntes.

##### **Número de tallos**

A los 40, 60 y 80 días después de la siembra, se realizó el conteo manual de los tallos pertenecientes a cada una de las 6 plantas que conformaban las parcelas netas y seguidamente se hizo el registro de los datos en una libreta de apuntes.

##### **Diámetro de tallo**

Primeramente, se señaló con una piola de color verde el tallo principal o el tallo con mejor crecimiento de cada una de las 6 plantas que conformaban las parcelas netas para su posterior identificación. Luego, a los 40, 60 y 80 días después de la siembra, se midió el diámetro de dicho tallo con ayuda de un calibrador o pie de rey en centímetros (cm), ubicándolo a 2 cm del suelo y se realizó el registro y apunte respectivos.

#### **Variables productivas post cosecha**

##### **Número total de tubérculos por planta**

A los 180 días después de la siembra, se efectuó la cosecha del cultivo e inmediatamente se realizó el conteo manual de los tubérculos totales de cada una de



las plantas pertenecientes a las parcelas netas de cada tratamiento, posteriormente, se hizo el registro en la libreta de apuntes.

#### **Peso total de tubérculos por planta**

A los 180 días después de la siembra, se efectuó la cosecha del cultivo y por consiguiente se realizó el pesaje de los tubérculos totales de cada una de las plantas que integran las parcelas netas de cada tratamiento, colocando los tubérculos dentro de una bolsa y subiéndola en una balanza digital en kilogramos (kg).

#### **Número total de tubérculos por categorías (primera, segunda y tercera)**

A los 180 días después de la siembra, se efectuó la cosecha del cultivo e inmediatamente se clasificó y contó por categorías (primera, segunda y tercera) los tubérculos de cada una de las plantas de las parcelas netas, posteriormente, se hizo el registro en la libreta de apuntes.

#### **Peso total de tubérculos por categorías (primera, segunda y tercera)**

A los 180 días después de la siembra, se efectuó la cosecha del cultivo y por consiguiente se clasificó y pesó por primera, segunda y tercera categoría los tubérculos de cada una de las plantas de las parcelas netas, esto se llevó a cabo, colocando los tubérculos dentro de una bolsa y subiéndola en una balanza digital en kilogramos (kg).

#### **Análisis económico**

Después de la cosecha, se realizó el análisis económico de cada tratamiento, determinando el costo de producción por hectárea, la producción en quintales por hectárea, el precio de venta, la utilidad neta y el costo – beneficio, utilizando la fórmula del índice C/B, la cual consiste en dividir la utilidad neta sobre el costo de producción.

### **3.4 MÉTODOS UTILIZADOS**

#### **3.4.1 Localización del experimento**

La presente investigación se efectuó en el Centro Experimental “San Francisco” perteneciente a la UPEC, está ubicado en el norte del Valle Interandino del Ecuador, específicamente en el sector la Calera, en el cantón Huaca, provincia del Carchi. Se

encuentra a una altitud de 2834 msnm, con coordenadas geográficas de 00-38'-29" latitud Norte, 77-43'-35" longitud Oeste. Presenta una temperatura variada de 3°C a 18°C, con un promedio de 12°C y una precipitación promedio de 1200 mm anual con un 80% de humedad relativa (Peña et al., 2019).

### 3.4.2 Características del ensayo

Para la implantación del ensayo se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). (tabla 10).

**Tabla 10.** Características del ensayo experimental.

Número de tratamientos	Cinco (5)
Número de repeticiones	Cuatro (4)
Número de unidades experimentales	Veinte (20)
Área total del ensayo	525 m <sup>2</sup>
Área de la parcela	15 m <sup>2</sup>
Distancia entre surcos	1 m
Distancia entre plantas	0,5 m
Distancia entre tratamientos	1 m
Total de plantas por unidad	Treinta (30)
Total de plantas	Seiscientas (600)

### 3.4.3 Población y muestra

#### Población

La población del ensayo experimental estuvo compuesta por 600 plantas divididas en 20 unidades en un área de 300 m<sup>2</sup> (figura 2).

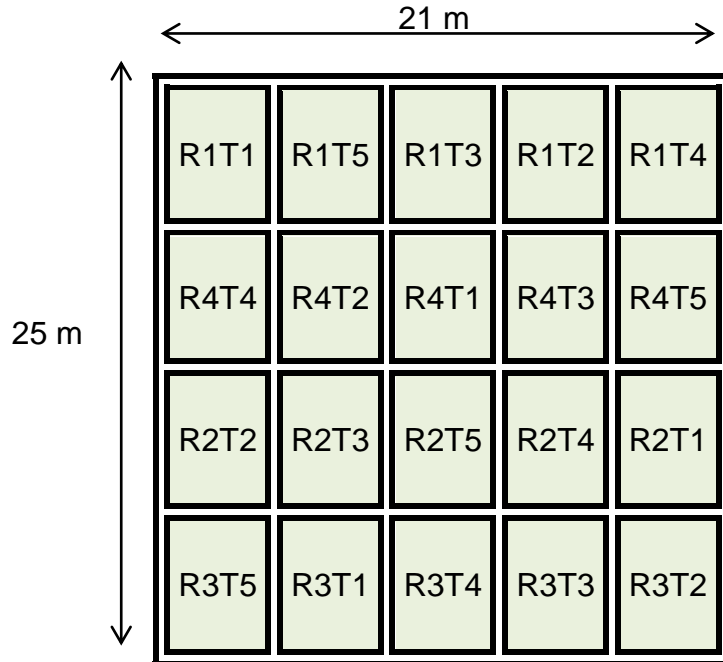


Figura 2. Población del ensayo experimental.

#### Muestra

La muestra estuvo representada por 120 plantas divididas en 20 parcelas netas de 3m<sup>2</sup> cada una en un área total de 60 m<sup>2</sup>.

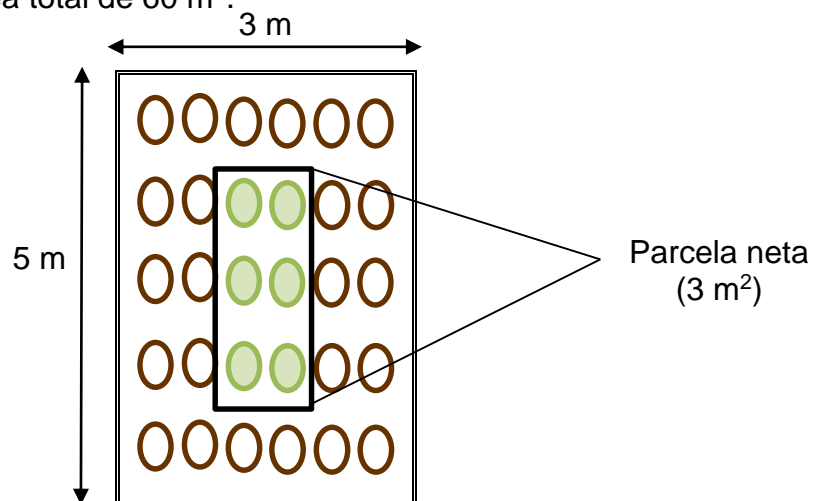


Figura 3. Muestra del ensayo experimental.

### 3.4.4 Tratamientos

En la presente investigación se evaluaron cinco tratamientos de fertilización para el cultivo de papa (tabla 11).

**Tabla 11.** Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Composición	Descripción
T1	100% NPK (Testigo)	35,3 gramos por planta de la mezcla física de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).
T2	Micorrizas autóctonas (UPEC)	10 gramos de micorrizas autóctonas por semilla.
T3	BSF (bacterias solubilizadoras de fósforo)	5 ml/L <sup>-1</sup> de agua de BSF.
T4	Vermicompost	220 gramos de vermicompost por semilla.
T5	Micorrizas autóctonas + Vermicompost	10 gramos de micorrizas autóctonas + 220 gramos de vermicompost por semilla.

### 3.4.5 Procedimiento

#### 1) Análisis del suelo

El análisis de suelo se realizó con el propósito de determinar la cantidad de nutrientes presentes en el suelo destinado para la siembra. El muestreo se ejecutó 15 días antes de la siembra, recorriendo todo el terreno en forma de zi-zag para la toma de 5 submuestras. Para obtener las submuestras se cavó un hueco de 20 cm de profundidad de donde se extrajo una porción de suelo, la cual fue colocada en un balde plástico. Posteriormente, se introdujo 1 kg de suelo resultante de la muestra compuesta en una funda plástica, la cual fue enviada para su análisis respectivo (anexo 4).

#### 2) Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó con ayuda de un tractor agrícola para la arada y la rastra del suelo del área experimental, esto con la finalidad de aflojar y afinar la tierra para un buen desarrollo de las plantas.

### **3) Instalación del ensayo**

El ensayo se estableció a campo abierto en un área total de 525 m<sup>2</sup> y estuvo formado por 20 unidades experimentales divididas por piola y estacas en parcelas de 15 m<sup>2</sup> cada una.

### **4) Siembra**

Para la siembra, se realizaron surcos a una distancia de 1 metro con el uso de azadones. La semilla de papa variedad Superchola fue desinfectada con insecticidas biológicos (BeauveTic, TrichoTic, New Bt 2X) y fue depositada en el suelo de forma manual a una distancia de 0.50 m cada una, con un total de 30 semillas por unidad experimental y 600 semillas en todo el ensayo.

### **5) Fertilización y aplicación de tratamientos**

- Fertilización química: Se aplicó 35,3 gramos por planta en la época de retape y aporque.
- Micorrizas autóctonas: Se aplicó 10 gramos de micorrizas autóctonas por semilla en la época de siembra.
- Bacterias solubilizadoras de fósforo: Se hizo una aplicación foliar con 5ml/L<sup>-1</sup> de agua en la época de siembra, retape y aporque.
- Vermicompost: Se aplicó 220 gramos de vermicompost por semilla en la época de siembra.
- Micorrizas autóctonas + Vermicompost: Se aplicó 10 gramos de micorrizas autóctonas más 220 gramos de vermicompost por semilla en la época de siembra.

### **6) Retape**

Consistió en tapar con suelo a los primeros brotes del tubérculo a los 20 días después de la siembra, realizándola cuidadosamente con ayuda de un azadón.

### **7) Deshierbe**

Esta actividad consistió en retirar las plantas arvenses que impedían el crecimiento de la planta, esto se realizó con ayuda de una pala o azadón a los 50 días después de la siembra.

### 8) Aporque

Después de 90 días de la siembra, con ayuda de un azadón se alzó el suelo a los tallos de la planta con el fin de mantenerla firme y proteger los estolones.

### 9) Cosecha

La cosecha se realizó a los 180 días después de la siembra, completando el desarrollo fisiológico del cultivo. Con ayuda de un azadón se extrajeron los tubérculos de las 6 plantas de papa que integraban las parcelas netas de cada tratamiento y posteriormente se tomaron los datos correspondientes para la investigación.

## 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de las variables evaluadas se empleó el programa estadístico Statistix 8.0.

### Esquema del análisis estadístico

**Tabla 12.** Representación del análisis de la varianza.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Grados de libertad</b>
<b>Total</b>	$Tr-1$	19
<b>Tratamientos</b>	$T-1$	4
<b>Repeticiones</b>	$r-1$	3
<b>Error experimental</b>	$(T-1)(r-1)$	12

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Porcentaje de germinación

Aplicando el análisis de varianza correspondiente a la variable porcentaje de germinación, se determinó que no hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ), al obtenerse un valor  $p$  de 0,2618 con un coeficiente de variación de 8,36% (tabla 13).

**Tabla 13.** ADEVA para el porcentaje de germinación a los 35 dds.

F.V	GL	SC	CM	F	p-valor
Rep	3	455,16	151,720		
Trat	4	322,33	80,582	1,51	0,2618ns
Error	12	642,13	53,511		
Total	19	1419,62			
C.V.	8,36 %				

**Leyenda:** GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrado medio; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; \*=Significativo; \*\*=Altamente significativo.

En la tabla 14, con la aplicación de la prueba Tukey al 5% para porcentaje de germinación a los 35 dds, se muestra que no hay diferencias entre los tratamientos, obteniendo sólo un rango (A). Esto lo comprueba Reyes et al., (2021), mencionando que, los ácidos húmicos presentes en los abonos orgánicos influyen en el mejoramiento de la absorción de agua, en la aceleración de la actividad de las enzimas encargadas de la germinación y en la estimulación de la respiración de la semilla.

**Tabla 14.** Prueba de Tukey al 5% para porcentaje de germinación a los 35 dds.

Tratamiento	Media	Rango
T5	93,33	A
T4	90,83	A
T3	86,66	A
T2	83,34	A
T1	83,33	A

**Leyenda:** T1=testigo; T2=micorrizas autóctonas; T3=BSF, T4=vermicompost; T5=micorrizas autóctonas + vermicompost.

## 4.2 Altura de planta

El análisis de varianza para la altura de planta a los 40, 60 y 80 dds, muestra una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, con un valor p de 0,0015 a los 40 días, además, presentó una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), con 0,0185 a los 60 días y 0,0374 a los 80 días. Asimismo, mostró coeficientes de variación de 46,65% a los 40 días, 44,255% a los 60 días y 42,83% a los 80 días después de la siembra (tabla 15).

**Tabla 15.** ADEVA para la variable altura de planta en cm.

		40dds	60dds	80dds
F.V	G.L.	p-valor	p-valor	p-valor
Rep/Bloq	3			
Trat	4	0,0015**	0,0185*	0,0374*
Error	112			
Total	119			
Media		17,425	32,683	48,496
C.V. (%)		46,65	44,25	42,83

**Leyenda:** GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; \*=Significativo; \*\*=Altamente significativo.

En la tabla 16, según la prueba Tukey al 5% para la altura de planta, a los 40 y 60 dds, los tratamientos 4 (vermicompost), 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost) y 2 (micorrizas autóctonas) no muestran diferencias significativas, obteniendo los mejores resultados, pero sí difieren de los demás, lo que no ocurre a los 80 dds, que en todos los tratamientos no existe diferencias significativas.

El logro de las alternativas de los tratamientos 4 (vermicompost), 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost) y 2 (micorrizas autóctonas) se debe a los efectos positivos que brindan los abonos orgánicos al desarrollo vegetativo de la planta, lo cual coincide con Luna et al., (2016), quienes evaluaron abonos orgánicos en la nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), los cuales están compuestos por humatos responsables de regular y promover el crecimiento de las plantas. Asimismo, Guamba, (2021), al evaluar abonos orgánicos en la nutrición del cultivo de haba (*Vicia faba L.*), destacó que el tratamiento de vermicompost fue quien mostró los valores más altos en la variable altura de planta, indicando que, este abono está



compuesto por carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y fitohormonas que son las responsables de estimular el crecimiento y desarrollo foliar de las plantas.

**Tabla 16.** Prueba de Tukey al 5% para altura de planta en cm a los 40, 60 y 80 dds.

40 dds			60 dds			80 dds		
Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango
T4	21,25	A	T4	39,50	A	T4	56,87	A
T5	20,95	A	T5	34,62	AB	T5	53,31	A
T2	17,04	AB	T2	34,37	AB	T2	49,04	A
T1	14,29	B	T3	27,83	B	T1	42,58	A
T3	13,58	B	T1	27,08	B	T3	40,66	A

**Leyenda:** T1=testigo, T2=micorrizas autóctonas, T3=BSF, T4=vermicompost, T5=micorrizas autóctonas + vermicompost.

### 4.3 Número de tallos

En el análisis de varianza para número de tallos correspondiente a los 40, 60 y 80 dds, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ), al ser valores que superan el nivel de significación, 0,1772 a los 40 días, y 0,1527 a los 60 y 80 días. Los coeficientes de variación obtenidos fueron de 47,51% a los 40 días y 40,34% a los 60 días y 80 días después de la siembra (tabla 17).

**Tabla 17.** ADEVA para la variable número de tallos.

F.V.	G.L.	40dds p-valor	60dds p-valor	80dds p-valor
Rep/Bloq	3			
Trat	4	0,1772ns	0,1527ns	0,1527ns
Error	112			
Total	119			
Media		1,7833	2,7417	2,7417
C.V. (%)		47,51	40,34	40,34

**Leyenda:** GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; \*=Significativo; \*\*=Altamente significativo.

En la tabla 18 se expone la prueba Tukey al 5% para número de tallos a los 40, 60 y 80 días después de la siembra, la cual no presentó diferencias entre los tratamientos, consiguiendo un sólo rango (A). Sin embargo, el tratamiento 4 (vermicompost) consiguió la media más alta en tallos por planta en los tres tiempos, con un promedio de 2,12 a los 40 días y 3,20 a los 60 y 80 días después de la siembra.

Los resultados obtenidos en la variable número de tallos son similares a los obtenidos por Torres et al., (2016), quienes evaluaron el efecto de un biofertilizante natural sobre el tomate (*Solanum Lycopersicum, L.*), resultando que el vermicompost interviene positivamente en el crecimiento de las plantas, debido a los ácidos húmicos encargados de aumentar la permeabilidad de las membranas celulares y por ende la absorción de nutrientes. De igual manera, las micorrizas permiten absorben mayor cantidad de nutrientes gracias al micelio del hongo presente en las raíces de las plantas.

**Tabla 18.** Prueba de Tukey al 5% para número de tallos a los 40, 60 y 80 dds.

40 dds			60 dds			80 dds		
Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango
T4	2,12	A	T4	3,20	A	T4	3,20	A
T5	1,83	A	T2	2,75	A	T2	2,75	A
T2	1,75	A	T5	2,75	A	T5	2,75	A
T1	1,66	A	T1	2,58	A	T1	2,58	A
T3	1,54	A	T3	2,41	A	T3	2,41	A

**Leyenda:** T1=testigo, T2=micorrizas autóctonas, T3=BSF, T4=vermicompost, T5=micorrizas autóctonas + vermicompost.

#### 4.3.1 Diámetro de tallo

El análisis de varianza para diámetro de tallo determina que existe una diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) solamente a los 40 días después de la siembra con un valor de p de 0,0114. Mientras que a los 60 y 80 días no se presentaron diferencias entre tratamientos. Además, obtuvieron coeficientes de variación de 61,50%, 47,95% y 44,78% respectivamente (tabla 19).

**Tabla 19.** ADEVA para la variable diámetro de tallo en cm.

		40dds	60dds	80dds
F.V	G.L.	p-valor	p-valor	p-valor
Rep/Bloq	3			
Trat	4	0,0114*	0,4312ns	0,2130ns
Error	112			
Total	119			
Media		0,3104	0,6442	0,9202
C.V. (%)		61,50	47,95	44,78

**Leyenda:** GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; \*=Significativo; \*\*=Altamente significativo.

En la tabla 20, con el empleo de la prueba Tukey al 5%, a los 40 dds, los tratamientos 1 (100% NPK), 2 (micorrizas autóctonas), 3 (BSF) y 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost) no presentaron diferencias significativas, obteniendo los resultados más favorables, como el tratamiento 2 (micorrizas autóctonas), 3 (BSF), 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost) y 4 (vermicompost) tampoco presentaron diferencias significativas. Sin embargo, el tratamiento 1 (100% NPK) sí difiere del tratamiento 4 (vermicompost). Mientas que a los 60 y 80 dds, no se presentaron diferencias entre los tratamientos, consiguiendo sólo un rango (A). Esto concuerda con Paspuel, (2021), quien evaluó fertilizantes químicos y orgánicos sobre el cultivo de melloco rosado (*Ullucus tuberosus* Loz), donde ambos fertilizantes lograron valores altos en los parámetros de crecimiento, mencionando que los fertilizantes químicos, a pesar de ocasionan daños a los recursos naturales, son preferidos por los agricultores por tener gran concentración de nutrientes. Sin embargo, los abonos orgánicos, además de obtener valores más próximos al testigo químico, contribuyen a la conservación del medio ambiente y logran un mayor crecimiento de las plantas al permitir la absorción de iones móviles del suelo.

**Tabla 20.** Prueba de Tukey al 5% para diámetro de tallo en cm a los 40, 60 y 80 dds.

40 dds			60 dds			80 dds		
Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango
T1	0,41	A	T1	0,73	A	T1	1,02	A
T2	0,33	AB	T5	0,66	A	T2	0,97	A
T3	0,30	AB	T2	0,65	A	T5	0,96	A
T5	0,28	AB	T3	0,62	A	T3	0,87	A
T4	0,21	B	T4	0,56	A	T4	0,76	A

**Leyenda:** T1=testigo, T2=micorrizas autóctonas, T3=BSF, T4=vermicompost, T5=micorrizas autóctonas + vermicompost.

### 4.3.2 Número total de tubérculos por planta

En el análisis de varianza para número total de tubérculos por planta se observa una diferencia estadística significativa entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ) con un valor p de 0,0169 y un coeficiente de variación de 26,08% (tabla 21).

**Tabla 21.** ADEVA para el número total de tubérculos por planta.

F.V.	GL	SC	CM	F	P
Rep	3	77,871	25,957		
Trat	4	4446,681	111,670	4,65	0,0169*
Error	12	287,946	23,996		
Total	19	812,498			
C.V.		26,08%			

**Leyenda:** GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrado medio; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; \*=Significativo; \*\*=Altamente significativo.

En la tabla 22, la prueba de Tukey al 5% para el número total de tubérculos por planta evidencia que, los tratamientos 1 (100% NPK) y 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost) no presentan diferencias significativas, alcanzando los mejores resultados, como el tratamiento 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost), 2 (micorrizas autóctonas), 4 (vermicompost) y 3 (BSF). Sin embargo, el tratamiento 1 (100% NPK) sí difiere de los tratamientos 2 (micorrizas autóctonas), 4 (vermicompost) y 3 (BSF).

Los resultados obtenidos en esta variable concuerdan con Rojas & Ortuño (2007), quienes al evaluar un fertilizante químico frente a la combinación de micorrizas con abonos orgánicos en el cultivo de papa, obtuvieron sólo un rango (a) entre los

tratamiento, es decir, no presentaron diferencias significativas entre sus medias, concluyendo que la aplicación de micorrizas más fertilizantes orgánicos son una alternativa favorable para la producción de tubérculos por su aporte en el mejoramiento de la absorción de agua y nutrientes de la planta, además de contribuir a la restauración de la fertilidad del suelo y al cuidado del medio ambiente (Guamba, 2021).

**Tabla 22.** Prueba de Tukey al 5% para número total de tubérculos por planta.

Tratamiento	Media	Rango
T1	27,87	A
T5	19,00	AB
T2	15,87	B
T4	15,71	B
T3	15,45	B

**Leyenda:** T1=testigo, T2=micorrizas autóctonas, T3=BSF, T4=vermicompost, T5=micorrizas autóctonas + vermicompost.

#### 4.3.3 Peso total de tubérculos por planta

En el análisis de varianza correspondiente al peso total de tubérculos por planta, se observa que el valor p es de 0,0072, lo que significa que existe diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos, además, tiene un coeficiente de variación de 50,79% (tabla 23).

**Tabla 23.** ADEVA para peso total de tubérculos por planta en kg.

F.V.	GL	SC	CM	F	P
Rep	3	5,285	1,76180		
Trat	4	14,016	3,50405	3,70	0,0072**
Error	12	106,048	0,94686		
Total	19	125,350			
C.V.		50,79%			

**Leyenda:** GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrado medio; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; \*=Significativo; \*\*=Altamente significativo.

En la tabla 24, la prueba de Tukey al 5% para el peso total de tubérculos por planta, muestra que los tratamientos 1 (100% NPK), 4 (vermicompost) y 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost) no presentan diferencias significativas, consiguiendo los

resultados más beneficiosos, como el tratamiento 4 (vermicompost), 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost), 3 (BSF) y 2 (micorrizas autóctonas). Sin embargo, el tratamiento 1 (100% NPK) sí difiere de los tratamientos 3 (BSF) y 2 (micorrizas autóctonas).

Los resultados obtenidos se deben a que los abonos orgánicos, específicamente el vermicompost, contribuye a la nutricional de la papa, aportando 3,6% de potasio (K), nutriente que actúa favorablemente en la etapa de tuberización. Al respecto, Luna et al., (2016) indican que el K es el encargado de transportar el almidón desde las hojas hasta el tubérculo, por lo que su disponibilidad es importante para lograr mayor rendimiento y calidad. Además, Trinidad & Velasco, (2016), mencionan que los fertilizantes orgánicos, no sólo aportan nutrientes importantes para el rendimiento de los cultivos, sino que también reparan las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo a mediano y largo plazo, función que no cumplen los fertilizantes químicos.

**Tabla 24.** Prueba de Tukey al 5% para peso total de tubérculos por planta en kg.

Tratamiento	Media	Rango
T1	2,52	A
T4	1,94	AB
T5	1,89	AB
T3	1,72	B
T2	1,49	B

**Leyenda:** T1=testigo, T2=micorrizas autóctonas, T3=BSF, T4=vermicompost, T5=micorrizas autóctonas + vermicompost

#### 4.3.4 Número de tubérculos por categorías

El análisis de varianza corresponde al número de tubérculos por categorías, muestra que, en 1º y 2º categoría, existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ) al presentar un valor p de 0,0237 y 0,0019 correspondientemente. Mientras que, en la 3º categoría, no presenta diferencias significativas, con un valor p de 0,2914 (tabla 25). Presentaron coeficientes de variación de 24,08%, 27,25% y 51,76% respectivamente.

**Tabla 25.** ADEVA para número de tubérculos por categorías (1º, 2º y 3º).

		1º Categoría	2º Categoría	3º Categoría
F.V.	G.L.	p-valor	p-valor	p-valor
Rep/Bloq	3			
Trat	4	0,0237*	0,0019**	0,2914ns
Error	112			
Total	119			
C.V. (%)		24,08	27,25	51,76

**Leyenda:** GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; \*=Significativo; \*\*=Altamente significativo.

En la tabla 26, aplicando la prueba de Tukey al 5% para número de tubérculos por categorías, se muestra que, en la 1º categoría, los tratamientos 1 (100% NPK), 2 (micorrizas autóctonas), 4 (vermicompost) y 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost), no muestran diferencias significativas, consiguiendo los mejores resultados. Sin embargo, sí difieren del tratamiento 3 (BSF). Con respecto a la 2º categoría, se observa que sí existen diferencias significativas entre el tratamiento 1 (100% NPK) con los demás, alcanzando el valor más alto. Por último, en la 3º categoría, no existen diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo sólo un rango (A).

Los resultados obtenidos en relación al número de tubérculos de 1º categoría, coinciden con Yucailla, (2020), quien evaluó abonos orgánicos en el cultivo de papa variedad Chaucha, los cuales no presentaron diferencias en comparación con el testigo, obteniendo efectos beneficiosos en la etapa de tuberización. Lo mismo afirma Ormeño & Rey, (2019) en el cultivo de papa variedad Andinita, al evaluar fertilizantes orgánicos líquidos sobre el número de tubérculos destinados para consumo, mencionando que la aplicación de nuevas alternativas podrían sustituir a la fertilización química tradicional del agricultor.

**Tabla 26.** Prueba de Tukey al 5% para número de tubérculos por categorías (1º, 2º y 3º).

1º categoría			2º categoría			3º categoría		
Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango
T1	9,45	A	T1	9,00	A	T1	9,41	A
T4	7,33	AB	T5	4,79	B	T5	7,12	A
T5	7,08	AB	T4	4,58	B	T3	6,40	A
T2	6,37	AB	T3	4,31	B	T2	5,71	A
T3	4,69	B	T2	3,87	B	T4	3,95	A

**Leyenda:** T1=testigo, T2=micorrizas autóctonas, T3=BSF, T4=vermicompost, T5=micorrizas autóctonas + vermicompost.

#### 4.3.5 Peso de tubérculos por categorías

El análisis de varianza correspondiente al peso de tubérculos por categorías expone que, en la 1º y 2º categoría existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), al obtener 0,0279 y 0,0093 respectivamente, lo que no ocurre en la 3º categoría al no presentar diferencias significativas con 0,4798. Además, obtuvieron coeficientes de variación de 55,81%, 29,72% y 47,04 (tabla 27).

**Tabla 27.** ADEVA para peso de tubérculos en kg por categorías (1º, 2º y 3º).

		1º Categoría	2º Categoría	3º Categoría
F.V.	G.L.	p-valor	p-valor	p-valor
Rep/Bloq	3			
Trat	4	0,0279*	0,0093**	0,4798ns
Error	112			
Total	119			
C.V. (%)		55,81	29,72	47,04

**Leyenda:** GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; \*=Significativo; \*\*=Altamente significativo.

En la tabla 28, según la prueba de Tukey al 5% para peso de tubérculos por categorías, se evidencia que, en la 1º categoría, los tratamientos 1 (1005 NPK), 4 (vermicompost), 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost) y 2 (micorrizas autóctonas) no presentan diferencias significativas, obteniendo resultados favorables. Sin embargo, sí difieren del tratamiento 3 (BSF). Con respecto a la 2º categoría, los tratamientos 1 (100% NPK), 3 (BSF) y 4 (vermicompost) no indican diferencias, pero



sí difieren de los demás. Por último, en la 3<sup>o</sup> categoría, todos los tratamientos muestran diferencias significativas, adquiriendo un sólo rango (A).

Los resultados conseguidos en la variable peso de tubérculos de 1<sup>o</sup> categoría, Cardona et al., (2016), en su estudio de efectos de fertilizantes químicos y orgánicos sobre la agregación de un suelo, exponen que, la aplicación de fertilizantes minerales presentaron mala estructuración de suelo, en comparación con el empleo de compost y micorrizas, debido a que la materia orgánica contribuye a la estabilidad de los agregados, afluyendo en la infiltración, aireación, retención de agua y penetración de las raíces de las plantas en el suelo.

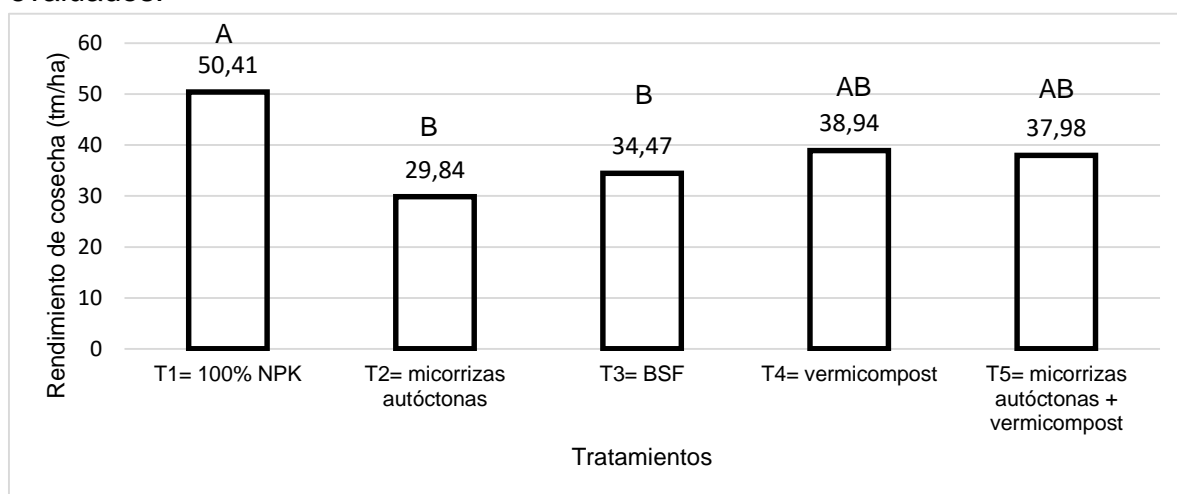
**Tabla 28.** Prueba de Tukey al 5% para peso de tubérculos en kg por categorías (1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> y 3<sup>o</sup>).

1 <sup>o</sup> categoría			2 <sup>o</sup> categoría			3 <sup>o</sup> categoría		
Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango
T1	1,65	A	T1	0,61	A	T1	0,25	A
T4	1,43	AB	T3	0,51	AB	T3	0,19	A
T5	1,38	AB	T4	0,35	AB	T5	0,18	A
T2	1,08	AB	T5	0,33	B	T4	0,17	A
T3	1,05	B	T2	0,26	B	T2	0,14	A

**Legenda:** T1=testigo, T2=micorrizas autóctonas, T3=BSF, T4=vermicompost, T5=micorrizas autóctonas + vermicompost.

#### 4.3.6 Rendimiento de cosecha

En la figura 4, se muestra el rendimiento de cosecha en tm/ha de los tratamientos evaluados.



**Figura 4.** Rendimiento de cosecha en tm/ha.

### 4.3.7 Relación Costo – Beneficio

A continuación, se muestra el análisis económico correspondiente a los cinco tratamientos evaluados, detallando: costos de producción por hectárea, producción en quintales por hectárea, precio unitario de venta, ingreso bruto total, utilidad neta y costo – beneficio. El precio unitario de venta de 14 dólares es el promedio de los precios correspondientes a las tres categorías al cual se vendió la producción en el cantón Huaca en el mes de marzo del presente año.

En la tabla 29, los resultados obtenidos muestran que existe una ganancia en todos los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento 1 (100%NPK) presenta una ganancia de \$ 1,28 por cada dólar invertido, mientras que el tratamiento 4 (vermicompost) gana \$ 0,95. Esto contradice Narváez, (2016), quien obtuvo un costo beneficio de \$ 1,40 en el tratamiento 4 (tierra + compost) superando al tratamiento químico con \$ 0,69.

**Tabla 29.** Relación costo - beneficio con un precio de venta de \$ 14.

Tratamientos	Costo de producción (\$)	Producción (Tm/ha <sup>-1</sup> )	Producción (qq/ha <sup>-1</sup> )	Venta (\$ 14)	Utilidad neta (\$)	C/B (\$)
1	6192	50,41	1008	14114,38	7922	1,28
2	4990	29,84	597	8354,22	3364	0,67
3	5243	34,47	689	9651,88	4409	0,84
4	5587	38,94	779	10903,62	5317	0,95
5	5616	37,98	760	10633	5017	0,89

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Las alternativas de biofertilización evaluadas en el cultivo de papa variedad Superchola tienen un efecto importante sobre el desarrollo vegetativo, al alcanzar los mejores resultados en cuanto a la germinación, número de tallos y altura de planta. Además, influyen positivamente en el número y peso de tubérculos del cultivo de papa.
- Los tratamientos 1 (100% NPK), 4 (vermicompost) y 5 (micorrizas autóctonas + vermicompost) alcanzaron los mejores resultados en cuanto a rendimiento del cultivo de papa variedad Superchola. Sin embargo, el tratamiento 1, obtuvo el valor más alto con 2,52 kg/planta-1 y 50,41 tm/ha-1.
- En lo que respecta al análisis económico, todos los tratamientos mostraron beneficios económicos. Sin embargo, el tratamiento 1 (100% NPK) presentó el mayor costo – beneficio con \$ 1,28, seguido del tratamiento 4 (vermicompost) con \$ 0,95.

## 5.2 Recomendaciones

- Dar a conocer a los productores agrícolas la importancia del empleo de biofertilizantes en el cultivo de papa para disminuir el uso excesivo de fertilizantes químicos y producir alimentos sanos para los consumidores.
- Llevar a cabo investigaciones acerca de la aplicación de biofertilizantes en el cultivo de papa en distintas dosis y frecuencias.
- Realizar investigaciones orientadas a la combinación de biofertilizantes que puedan potencializar sus efectos sobre el rendimiento del cultivo de papa.
- Continuar con investigaciones sobre el uso de nuevas alternativas enfocadas a mejorar la nutrición de los cultivos que al mismo tiempo cumplan con contribuir al mejoramiento y conservación de los recursos naturales.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agromundo S.C. (2018). *Agromundo*. <http://agromundosc.com/>
- Alemán de la Torre, I. (2016). *Evaluación de fertilizantes orgánicos y químicos en maíz dulce (Zea mays L.)*. [http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6020/Aleman\\_De\\_La\\_Torre\\_Ivone.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6020/Aleman_De_La_Torre_Ivone.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Araujo, A., Cartagena, Y., Castillo, C., Cuesta, X., Monteros, C., Ney, P., Racines, M., Rivadeneira, J., Velásquez, J., León, J., Andrade, J., & Panchi, N. (2021). Manual del cultivo de papa para pequeños productores (3º edición). *Programa Nacional de Raíces y Tubérculos - Papa, INIAP*. file:///C:/Users/HP/Downloads/MANUAL DE PAPA 2020 3era edición (1).pdf
- Basantes Vizcaíno, T. F., Aragón Suárez, J. P., Albuja Illescas, L. M., & Vázquez Hernández, L. del R. (2020, June 5). *Vista de Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (Solanum tuberosum L.) en la Zona 1 del Ecuador*. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5103/5286>
- Bautista, A. (2015). *Evaluación de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos, en la productividad del cultivo de papa Solanum tuberosum, variedad Chola, en San Agustín, parroquia Pintag, cantón Quito, provincia Pichincha*. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17323/1/TESIS\\_PAPA\\_PATHY\\_1.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17323/1/TESIS_PAPA_PATHY_1.pdf)
- Beltrán, M., & Bernal, A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Mutis*. <https://doi.org/https://doi.org/10.21789/22561498.1771>
- BioEconomía. (2021). Uso de la Agrobiotecnología para una Agricultura Rentable y Sustentable. *BIOfábrica SIGLO XXI*. [https://www.iica.int/sites/default/files/2021-03/2021\\_0325\\_2\\_1\\_Marcel\\_Morales\\_Biofabrica.pdf](https://www.iica.int/sites/default/files/2021-03/2021_0325_2_1_Marcel_Morales_Biofabrica.pdf)
- Blandón, D., López, M., Ocampo, T., & López, R. (2017). Aislamiento e identificación de micorrizas asociadas a Aloe vera(Aloeaceae) colectadas en la ciudad de

Pereira. *Programa de Microbiología. Universidad Libre Seccional Pereira*.  
<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/microciencia/article/view/3661/3056>

Burgos, G., & De Hann, S. (2019). *Potencial nutricional de la papa*.  
<https://cipotato.org/wp-content/uploads/2019/08/CIP-PANAMERICANOS-LIMA-2019.pdf>

Cardona, W., Bolaños, M., & Chavarriaga, W. (2016). Efecto de fertilizantes químicos y orgánicos sobre la agregación de un suelo cultivado con *Musa acuminata* AA. *Acta Agronómica*. <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169943292007.pdf>

Castillo, C., Huenchuleo, M. J., Michaud, A., & Solano, J. (2016). Micorrización en un cultivo de papa adicionado del biofertilizante Twin-N establecido en un Andisol de la Región de La Araucanía. *Idesia (Arica)*, 34(1), 39–45.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000100005>

Cerisola, C. (2015). *Fertilidad química*.  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/75204/mod\\_resource/content/1/UDD D8.1 Fertilidad Química .pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/75204/mod_resource/content/1/UDD D8.1 Fertilidad Química .pdf)

Chura, R. (2019). *Evaluación de tres biofertilizantes orgánicos en la producción papa kompis (Solanum tuberosum L.) en la localidad de Huayrocondo Batallas - La Paz*.  
<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/24898/T-2766.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cisneros, C., Sánchez, M., & Menjivar, J. (2017). Efecto de bacterias solubilizadoras de fosfatos sobre el desarrollo de plántulas de café. *Agronomía Mesoamericana*.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v28n1/43748637011.pdf>

Cóndor Martínez, B. S. (2018). *Identificación de papas producidas y cultivadas en la provincia de Tungurahua: sus características y sugerencia de usos en la cocina diaria*. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7756/1/140374.pdf>

Corrales, L., Arévalo, Z., & Moreno, V. (2014). Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. *NOVA*.

<http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v12n21/v12n21a06.pdf>

- 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*.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372010000500027#:~:text=A diferencia de los fertilizantes,va necesitando](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000500027#:~:text=A diferencia de los fertilizantes,va necesitando) (Chaoui et al.
- Faggioli, V., Freytes, G., & Galarza, C. (n.d.). *Las micorrizas en trigo y su relación con la absorción de fósforo del suelo*. Retrieved August 21, 2022, from [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-relacin\\_fsforo\\_del\\_suelo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-relacin_fsforo_del_suelo.pdf)
- Flórez, E. (2020). *El vermicompost, una alternativa para la recuperación de suelos*. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36123/FlorezMurielElizabeth2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fueltala, J. (2019). *Producción de semilla pre-básica de papa (Solanum tuberosum) variedad Superchola a partir de esquejes provenientes de plantas madre fitomejoradas en tres niveles de corte (apical, medio, basal) en la provincia del Carchi, cantón Espejo, periodo 2019-2020*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6641/1/PC-000836.pdf>
- Fuertes Rentería, J. I., & Jarrín Mancero, F. E. (2015). *Mejoramiento del estado nutricional del suelo a través de la adición de compost enriquecido con bacterias fosfato solubilizadoras en la finca Denmmar, Tabacundo - Ecuador*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9404/1/UPS-QT07097.pdf>
- García Miranda, F. G., & Rosales, M. V. (2018). *EUTROFIZACIÓN, UNA AMENAZA PARA EL RECURSO HÍDRICO*. [http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2\\_Parte1\\_Eje3\\_Cap5-177-García-Miranda.pdf](http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-García-Miranda.pdf)
- Garzón, L. (2016). Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana. *Luna Azul*, 42, 217–234. <https://doi.org/10.17151/LUAZ.2016.42.14>

González Estrada, A., & Camacho Amador, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1733–1745. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V8I8.698>

Guamba, A. (2021). *Evaluación de tres abonos orgánicos en la producción de dos variedades de haba (Vicia faba L) en el cantón Huaca*. <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1021/1/392-GUAMBA-ROMÁN ALEXANDRA ESTEFANÍA.pdf>

Inostroza, J., Méndez, P., & Sotomayor, L. (n.d.). *I. BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA DE LA PAPA*. Retrieved August 21, 2022, from <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7275/NR36476.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2021/Boletín técnico.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Boletín_técnico.pdf)

Intagri S.C. (2017). *Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa*. Serie Hortalizas Núm 10. Artículos Técnicos de INTAGRI. <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa>

Interamerican Association for Environmental Defense (AIDA). (2013, September 9). *Suelos andisoles: Importancia y amenazas*. <https://aida-americas.org/es/blog/suelos-andisoles-importancia-y-amenazas>

Laguna, P. (2019). *Evaluación de cinco variedades de papa (Solanum tuberosum L.) en dos localidades de la zona de Miraflores Estelí, apante 2018*. <https://repositorio.una.edu.ni/3947/1/tnf301182.pdf>

Luna, R., Espinosa, K., Trávez, R., Ulloa, C., Espinoza, A., & Bejarano, A. (2016). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L) a la aplicación de



- abonos orgánicos y fertilización química. *Ciencias y Tecnología*.  
[https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2\\_V9 N1 2Luna et al.pdf](https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_V9 N1 2Luna et al.pdf)
- Márquez Julio. (2021). Boletín Técnico Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. *INEC*. [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
- Mastrocola, N., Pino, G., Mera, X., Rojano, P., Haro, F., Rivadeneira, J., Monteros, C., & Cuesta, X. (2016). Catálogo de variedades de papa del Ecuador. *INIAP-Estación Experimental Santa Catalina*.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2748/1/iniapscpm427.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2021). *Boletín Situacional Papa 2021*.  
<https://fliphtml5.com/ijia/mcrp/basic>
- Mosquera, D. (2018). *Análisis de la distribución potencial de cultivo de papa (Solanum tuberosum) bajo un escenario de cambio climático al año 2050 y sus potenciales conflictos con áreas del sistema nacional de áreas protegidas (SNAP), bosques protectores y otras áreas*.  
[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14830/ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE CULTIVO DE PAPA %28Solanun tuberosum%29 BAJO UN ESCENARIO DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14830/ANÁLISIS%20DE%20LA%20DISTRIBUCIÓN%20POTENCIAL%20DE%20CULTIVO%20DE%20PAPA%20Solanum%20tuberosum%29%20BAJO%20UN%20ESCENARIO%20DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Narváez, F. (2016). *Evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en la productividad del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.), bajo condiciones semicontroladas, Carchi – Ecuador*”.  
[http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/554/1/307 evaluacion de microorganismos solubilizadores de fosforo.pdf](http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/554/1/307%20evaluacion%20de%20microorganismos%20solubilizadores%20de%20fosforo.pdf)
- Olivera, C., & Avellaneda, L. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura (FAO) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)*. <https://www.fao.org/3/i8864es/l8864ES.pdf>
- Ormeño, M., & Rey, J. (2019). Uso de abonos orgánicos líquidos como alternativa de fertilización para producción de semilla de papa variedad Andinita, municipio

Campo Elías, Mérida (Venezuela). *Fac. Agron.*  
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27399/28152>

Osorio, N. W. (2012). Uso de hongos formadores de micorriza como alternativa biotecnológica para promover la nutrición y el crecimiento de plántulas. *Manejo Integral Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(2).  
<https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/Hongos-formadores-de-micorrizas.pdf>

Oyarzún, P., Chamorro, F., Córdova, J., Merino, F., Valverde, F., & Velázquez, J. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)*. [https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion PDF/Pumisacho y Sherwood Cultivo de Papa en Ecuador.pdf](https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf)

Paspuel, A. (2021). *Evaluación del cultivo de melloco rosado (Ullucus tuberosus Loz) con la aplicación de fertilizantes orgánicos en la finca "San Francisco", cantón San Pedro de Huaca, provincia del Carchi, Ecuador*.  
[http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1020/1/393-PASPUEL HUERA ADRIÁN ALEXANDER.pdf](http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1020/1/393-PASPUEL%20HUERA%20ADRIÁN%20ALEXANDER.pdf)

Peña, J., García, J., & Campos, R. (2019). Planificación de la zonificación de la Finca Experimental San Francisco situada en la provincia del Carchi Ecuador. *Tierra Infinita*.  
<https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/tierrainfinita/article/view/923/2814>

Puetate Mejía Luis Miguel. (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*.  
<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/764/1/348> Alternativas de fertilización para el cultivo de papa - Montúfar.pdf

Reyes, J., Rivero, M., Solórzano, A., Carballo, F., Lucero, G., & Ruíz, F. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Terra Latinoamericana*, 39.

<https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.833>

- Rodríguez Eugenio, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: Una realidad oculta. *FAO*. <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>
- Rojas, K., & Ortuño, N. (2007). Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. *ACTA NOVA*, Vol. 3, 712. [https://www.researchgate.net/publication/228979340\\_Evaluacion\\_de\\_micorrizas\\_arbusculares\\_en\\_interaccion\\_con\\_abonos\\_organicos\\_como\\_coadyuvantes\\_de\\_l\\_crecimiento\\_en\\_la\\_produccion\\_horticola\\_del\\_Valle\\_Alto\\_de\\_Cochabamba\\_Bolivia](https://www.researchgate.net/publication/228979340_Evaluacion_de_micorrizas_arbusculares_en_interaccion_con_abonos_organicos_como_coadyuvantes_de_l_crecimiento_en_la_produccion_horticola_del_Valle_Alto_de_Cochabamba_Bolivia)
- Romo, Y. (2016). *Evaluación de la técnica de Selección Positiva en el cultivo de papa (Solanum tuberosum sp.) para la obtención de semilla en la Finca Experimental San Francisco, Cantón Huaca, Provincia del Carchi.* <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/509/1/306> Evaluación de la técnica de selección positiva en el cultivo.pdf
- Sabando, F., & Bernal, G. (2021). Efecto de la inoculación combinada de micorrizas y bradyrhizobium en el crecimiento y absorción de nutrientes de la soya (glycine max l. merrill). *Editorial Grupo Compás*. [https://www.uteq.edu.ec/doc/investigacion/libros/LB\\_2021\\_042](https://www.uteq.edu.ec/doc/investigacion/libros/LB_2021_042) LIBRO.pdf
- Torres, J., Reyes, J., & González, J. (2016). *Efecto de un bioestimulante natural sobre algunos parámetros de calidad en plántulas de tomate (Solanum Lycopersicum, L.) bajo condiciones de salinidad*. [file:///C:/Users/HP/Downloads/274-Texto del artulo-602-1-10-20160831.pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/274-Texto%20del%20articulo-602-1-10-20160831.pdf)
- Trinidad, A., & Velasco, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad: Vol 9, 9, 52–58*. <https://core.ac.uk/download/pdf/249320586.pdf>
- Uribe, F., Calle, I., & Gonzalez, V. (2013). Manejo agronómico del cultivo de la papa para la precordillera de la comuna de Putre. *Informativo INIA - URURI*.

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4536/NR39394.pdf?sequence=1>

Vargas Barrante, P., & Castro Barquero, L. (2019). Aislamiento y evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo de Andisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 43(1), 47–68. <https://doi.org/10.15517/RAC.V43I1.35649>

Vélez, A. (2017). *Producción y comercialización de la papa variedad Súper Chola (Solanum tuberosum) en el cantón Tulcán, provincia del Carchi*. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8592/1/03 AGN 035 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8592/1/03%20AGN%20035%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf)

Villareal, D. (2012). *Fertilizantes Químicos*. <http://ilovemyplanet123.blogspot.com/2012/11/que-es-un-fertilizante-las-plantas-para.html>

Villegas, V., & Laines, J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 393–406. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n2/2007-0934-remexca-8-02-393-en.pdf>

Yanez, Z. (1999). *Estudio de la fenología de cinco variedades de papa (Solanum tuberosum L.) en dos épocas de siembra*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/987/1/iniapsctY22e.pdf>

Yucailla, M. (2020). *Evaluación de tres tipos de abonos orgánicos en la producción de la papa (Solanum tuberosum L.) variedad Chaucha en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6919/1/UTC-PIM-000261.pdf>

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.



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



### ACTA

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

**NOMBRE** CHICAIZA CABEZAS STEFANNY SHAJIRA      **CÉDULA DE IDENTIDAD** 1726428988  
**NIVEL/PARALELO:** DÉCIMO      **PERIODO ACADÉMICO:** 2022 A

**TEMA DEL TIC:** Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola en el cantón Huaca - Carchi

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

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

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:** miércoles, 31 de agosto de 2022

**HORA:** 15H00 - 16H00

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 miércoles, 31 de agosto de 2022

MSC. ORTIZ TIRADO PAÚL SANTIAGO  
**PRESIDENTE**

MSC. MORA QUILISMAL SEGUNDO RAMIRO  
**DOCENTE TUTOR**

MSC. HERRERA RAMIREZ CARLOS DAVID  
**DOCENTE**

Adj.: Observaciones y recomendaciones

**Anexo 2.** Certificado del abstract por parte de idiomas.



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

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

**Autor:** a Stefanny Shajaira Chicaiza Cabezas

**Fecha de recepción del abstract:** 5 de septiembre de 2022

**Fecha de entrega del informe:** 5 de septiembre de 2022

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

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

**Observaciones:**

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

Atentamente



EDISON BOAHERGES  
PEÑAFIEL ARCOS

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc  
Coordinador del CIDEN



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

**ABSTRACT- EVALUATION SHEET**

**NAME:** a Stefanny Shajaira Chicaiza Cabezas

**DATE:** 5 de septiembre de 2022

**TOPIC:** "Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Superchola en el cantón Huaca - Carchi"

**MARKS AWARDED**

**QUANTITATIVE AND QUALITATIVE**

VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1 Vera Játiva Edwin Andrés,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	<b>TOTAL 9</b>		




**Anexo 3.** Costo de producción en una hectárea.

<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN EN UNA HECTÁREA</b>				
<b>CULTIVO:</b> Papa, variedad Superchola		<b>SISTEMA:</b> Semitecnificado		
<b>PROVINCIA:</b> Carchi		<b>CANTÓN:</b> Huaca		
<b>Parroquia:</b> Huaca rural		<b>SECTOR:</b> San Fransisco		
<b>RESPONSABLE:</b> Stéfanny Chicaiza		<b>FECHA:</b> 2022		
<b>CONCEPTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1.- COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>MANO DE OBRA</b>				
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
<b>SUBTOTAL</b>				<b>1300</b>
<b>INSUMOS AGRICOLAS</b>				
Semilla certificada	35	qq	30	1050
<b>SUBTOTAL</b>				<b>1050</b>
<b>FERTILIZACIÓN</b>				
RETAPE 12-30-16	706	kg	0,76	536,56
APORQUE 13-00-30	706	kg	0,65	458,9
Micorrizas autóctonas	400	kg	0,2	80,00
Fosfotíc	12500	cc	0,019	237,50
Vermicompost	8800	kg	0,12	1056,00
Extracto de algas	3961,90	cc	0,004	15,85
<b>SUBTOTAL</b>				<b>2384,81</b>
<b>CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES</b>				
<b>ORGÁNICOS</b>				
Trichotic	476,19	cc	0,18	85,71
Timorex Gold	2272,76	cc	0,044	100,00
New BT	2419,05	gr	0,031	74,99
Neem x	278,67	cc	0,06	16,72
Bauvetic	476,19	cc	0,22	104,76
<b>SUBTOTAL</b>				<b>382,19</b>
<b>INSECTICIDAS</b>				
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
<b>SUBTOTAL</b>				<b>639,93</b>
<b>FUNGICIDAS</b>				
Curalancha	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	0,07	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
<b>SUBTOTAL</b>				<b>966,36</b>
<b>FIJADOR</b>				
Spectro	3539,43	cc	0,009	31,85
<b>SUBTOTAL</b>				<b>31,85</b>
<b>MAQUINARIA/EQUIPO</b>				
Arada y rastra	6	hora	25	150
Analisis de suelo	1	unidad	50	50
<b>SUBTOTAL</b>				<b>200,00</b>
<b>COSECHA</b>				
Costales	438	unidad	0,3	131,4
Cabuya	1	unidad	6	6
Trasporte - Sacada	438	qq	0,3	131,4
<b>SUBTOTAL</b>				<b>268,8</b>
<b>1.-SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>7224</b>
<b>2.-SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>0</b>
<b>TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>				<b>7224</b>


**Anexo 4. Resultados del análisis de suelo previo a la investigación.**



**LABONORT**  
LABORATORIOS NORTE  
Juan Hernández y Jaime Rodríguez (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
<b>DATOS DE PROPIETARIO</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>							
Nombre: UNIV. POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI		Provincia: Carchi							
Ciudad: Huaca		Cantón: Huaca							
Teléfono:		Parroquia: Huaca							
Fax:		Sitio: Centro Experimental San Francisco							
<b>DATOS DEL LOTE</b>		<b>DATOS DE LABORATORIO</b>							
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							
<b>Nutriente</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>INTERPRETACION</b>						
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	25.71	ppm							
B	0.10	ppm							
pH	5.48								
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml							
Al		meq/100 ml							
Na		meq/100 ml							
Ca	0.110	mS/cm							
NO	16.28	%							
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	BASE	(%)	Clase Textural		
Mg	K	K	Sum Basic	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
16.10	3.59	61.43	13.72			54.43	35.00	10.60	Franco Arenoso

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



**LABONORT**  
IBARRA - ECUADOR  
ANÁLISIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

**Anexo 5. Delimitación y preparación del terreno.**



**Anexo 6. Siembra (una sola semilla).**



**Anexo 7. Aplicación de biofertilizantes y testigo químico.**





**Anexo 8.** Control fitosanitario y labores culturales.



**Anexo 9.** Cosecha.



**Anexo 10.** Toma de datos de la planta y tubérculos cosechados.

