

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

CENTRO DE POSGRADO



MAESTRÍA EN AGRONOMÍA

Tema: “Evaluación del efecto de la biofertilización con consorcios microbianos para mejorar la producción del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*)”

Trabajo de titulación previa la obtención del
Título de Magister en Agronomía Mención en Producción Agrícola Sostenible

Autor: Favio Alirio Narváez Moreno

Tutora: PhD. Judith García

Tulcán, 2025

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el maestrante Favio Alirio Narváez Moreno con el número de cédula 0401912423 ha elaborado el trabajo de titulación: “Evaluación del efecto de la biofertilización con consorcios microbianos para mejorar la producción del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L)”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuestas en el Reglamento de la Unidad de Titulación de Postgrado con RESOLUCIÓN N° 150-CSUP- 2020, por lo tanto, autorizo su presentación para la sustentación respectiva

f.....

PhD. Judith García

TUTORA

Tulcán, abril de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye un requisito previo para la obtención del título de Magister en Agronomía Mención en Producción Agrícola Sostenible.

Yo, Favio Alirio Narváez Moreno con cédula de identidad número 0401912423 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f.....

Favio Alirio Narváez Moreno

AUTOR

Tulcán, abril de 2025

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Favio Alirio Narváez Moreno declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de titulación: “Evaluación del efecto de la biofertilización con consorcios microbianos para mejorar la producción del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L*)” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f.....

Favio Alirio Narváez Moreno

AUTOR

Tulcán, abril de 2025

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por llenarme de bendiciones, amor y sabiduría, permitiéndome avanzar en este camino académico. Su guía constante ha sido fundamental para alcanzar este logro.

Expreso mi más sincero agradecimiento y profundo cariño a mis padres, quienes, con su sacrificio, apoyo incondicional y confianza depositada en mí a lo largo de todos estos años, me han permitido llegar hasta aquí. Todo lo que he logrado se lo debo a ustedes.

A mis hermanos, Enrique, Viviana, Vinicio y Dayana, les expreso mi gratitud por ser mis compañeros fieles y sinceros. Su amistad, apoyo y confianza han sido invaluable para continuar avanzando y superar los desafíos.

Mi reconocimiento también va para todas las personas que, de una u otra manera, han contribuido a mi formación, tanto en el ámbito personal como profesional. Agradezco de manera especial a mi asesora, la PhD. Judith García, por su valiosa orientación, conocimientos y constante apoyo, que fueron clave en el desarrollo de esta investigación.

Quiero extender mi agradecimiento a las instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo: a la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (AGROCALIDAD) por llevar a cabo los análisis de suelo, y al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), estación experimental Carchi, por proporcionar los tubérculos semilla de la variedad de papa CIP INIAP Libertad. Su colaboración fue esencial para el éxito de esta investigación.

Finalmente, agradezco profundamente a mis profesores, cuya amistad desinteresada y enseñanzas han sido un pilar en mi formación académica. A ellos les debo gran parte de los conocimientos adquiridos y el apoyo que me brindaron en cada etapa de este proceso.

DEDICATORIA

Este trabajo es fruto de mi dedicación y esfuerzo, y lo dedico con gratitud y afecto a mis padres, hermanos, sobrinos, familiares y amigos, quienes me brindaron su apoyo incondicional durante todo mi proceso de formación académica.

A mis padres, cuyo amor, respaldo y comprensión constantes han sido un pilar fundamental en mi camino; a ellos, que siempre me ofrecieron palabras de ánimo en los momentos más difíciles y que han sido mi fuente de inspiración.

A mis hermanos: Enrique, Viviana, Vinicio y Dayana, quienes en todo momento me han brindado su apoyo sin reservas, y a mis sobrinos, cuyo cariño y alegría me han motivado a seguir adelante, brindándome el aliento necesario para superarme cada día.

ÍNDICE

RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
I. PROBLEMA	18
1.1. Planteamiento del problema	18
1.2. Preguntas de investigación o hipótesis	19
1.3. Objetivos de investigación	20
• 1.3.1. Objetivo General.....	20
• 1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.4. Hipótesis	20
1.5. Justificación	21
CAPÍTULO II.....	23
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	23
2.1. Antecedentes de investigación.....	23
2.2. Marco teórico.....	26
• 2.2.1 Cultivo de Papa.....	26
• 2.2.2 Fertilización Química	31
• 2.2.3 Biofertilización	34
• 2.2.4 Consorcios microbianos	36
2.3. Marco legal.....	42
• 2.3.1 Constitución Política del Ecuador del año 2008.....	42
• 2.3.2 Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales	43
• 2.3.3 Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura (Objeto, ámbito y fines).....	44
• 2.3.4 Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria	45
• 2.3.5. Código orgánico de organización territorial, COOTAD.	46
CAPÍTULO III	47
METODOLOGÍA.....	47

3.1. Enfoque y tipo de investigación	47
• 3.1.1 Enfoque.....	47
• 3.1.2 Tipo de investigación	47
3.2. Definición y operacionalización de variables.....	47
• 3.2.1 Definición de variables.....	47
• 3.2.2 Operacionalización de variables	48
3.3. Variables de estudio.....	50
• 3.3.1. Independiente.....	50
• 3.3.2. Dependiente	51
• 3.3.3. Adicional	53
3.4. Métodos utilizados.....	53
• 3.4.1. Descripción del área de estudio/grupo de estudio	53
• 3.4.2. Características del ensayo.....	54
• 3.4.3. Población y muestra.....	54
• 3.4.4. Tratamientos	54
• 3.4.5. Procedimientos	55
3.5. Análisis estadístico	58
• 3.5.1. ANOVA.....	58
• 3.5.2. Prueba de Tukey	58
• 3.5.3. Prueba de Friedman	58
CAPÍTULO IV	59
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1 Resultados.....	59
• 4.1.1 Análisis de suelo.....	59
• 4.1.2 Porcentaje de emergencia.	64
• 4.1.3 Número de tallos.....	64
• 4.1.4 Diámetro de tallos.....	65
• 4.1.5 Altura de planta.	66
• 4.1.6 Número de tubérculos.....	66
• 4.1.7 Rendimiento en peso de tubérculos.	68
• 4.1.8 Presencia de enfermedades en tubérculos.	75
• 4.1.9 Incidencia.....	76

• 4.1.10 Severidad	78
• 4.1.11 Análisis Económico.....	79
4.2 Discusión	80
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
5.1. Conclusiones.....	87
5.2. Recomendaciones	88
VI. REFERENCIAS	90
VII. ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación Taxonómica de la papa.....	26
Tabla 2	Características agronómicas de la variedad INIAP-CIP Libertad	30
Tabla 3	Plagas y enfermedades más comunes en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>)	
Tabla 4	Requerimientos para cultivar una tonelada de papa	32
Tabla 5	Funciones de los principales nutrientes aplicados como fertilizantes	33
Tabla 6	Concentración de los bioinsumos	42
Tabla 7	Definición y operacionalización de variables.....	48
Tabla 8	Clasificación por calibre para cada categoría.	52
Tabla 9	Tratamientos del ensayo experimental	55
Tabla 10	Resultados de análisis de suelo inicial y después de tratamientos	59
Tabla 11	ANOVA Porcentaje de emergencia de plantas.....	64
Tabla 12	ANOVA número de tallos a 40 días	65
Tabla 13	ANOVA diámetro de tallos a los 40, 50 y 60 días.	65
Tabla 14	ANOVA altura de planta a los 40, 50 y 60 días.	66
Tabla 15	Número de tubérculos categoría primera.....	67
Tabla 16	Número de tubérculos categoría segunda.	67
Tabla 17	Número de tubérculos categoría tercera.	68
Tabla 18	Número de tubérculos total sin cuarta (cuchi).....	68
Tabla 19	ANOVA Rendimiento total a la cosecha.....	69
Tabla 20	Intervalos de confianza simultáneos al 95% de la media del tratamiento - media del control del rendimiento total a la cosecha	69
Tabla 21	ANOVA Rendimiento en la calidad de primera.....	70
Tabla 22	TUKEY 5% para el rendimiento de cosecha Kg categoría primera.....	71
Tabla 23	Intervalos de confianza simultáneos al 95% de la media del tratamiento - media del control rendimiento de cosecha Kg categoría primera	72
Tabla 24.	ANOVA Rendimiento en la calidad de segunda.	73
Tabla 25	ANOVA Rendimiento en la calidad de tercera.	73
Tabla 26	ANOVA Rendimiento en la calidad de cuarta-cuchi	74
Tabla 27	TUKEY 5% para el rendimiento de cosecha Kg calidad de cuarta-cuchi.....	74
Tabla 28	ANOVA Rendimiento sin clase 4 (cuchi) solo R1+R2+R3.....	75
Tabla 29	ANOVA Promedio de tubérculos afectados de categoría 1	75
Tabla 30	ANOVA Promedio de tubérculos afectados de categoría 2	76
Tabla 31	Incidencia	77

Tabla 32 TUKEY 5% para incidencia	77
Tabla 33 Severidad mediante la prueba no paramétrica de Friedman.....	79
Tabla 34 Relación costo beneficio precio promedio de 14 USD el quintal (45.45 kg).....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Fases fenológicas del cultivo de papa	29
Figura 2	Recomendaciones de fertilización con NPK.....	33
Figura 3	Diagrama de procesos para la aplicación de biofertilizantes	50
Figura 4	Ubicación del predio para el ensayo	53
Figura 5	Parámetros de suelo	59
Figura 6	Materia orgánica en suelo inicial y por tratamiento.....	60
Figura 7	Nitrógeno en suelo inicial y por tratamiento.....	61
Figura 8	Fósforo en suelo inicial y por tratamiento	62
Figura 9	Potasio en suelo inicial y por tratamiento	62
Figura 10	Prueba de normalidad test de Shapiro-Wilk.	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas	98
Anexo 2. Resultados de análisis de suelo.....	100
Anexo 3. Costos	115
Anexo 4. Manuales de consorcio de microorganismos.....	117
Anexo 5. Fotos de proceso	121

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de los consorcios microbianos (CM) como alternativa de biofertilización en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad INIAP – CIP – Libertad, seleccionada por su resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*), ciclo corto, un rendimiento superior a 30 t/ha y bajo impacto ambiental. La investigación se realizó en condiciones de campo, el estudio abordó los problemas asociados al uso intensivo de químicos y la alta fijación de fósforo en suelos andisoles, mediante un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos. Se incluye un testigo químico (T1) con dosis estándar de NPK, un tratamiento con NPK completo y CM (T2) para evaluar sinergias, tres tratamientos (T3, T4 y T5) con NPK reducido (75%, 50% y 25%) y CM para analizar la potencial reducción del fertilizante químico, solo CM (T6) y un testigo absoluto sin fertilización NPK ni CM (T7). La evaluación incluyó variables de desarrollo morfológico (porcentaje de emergencia, número de tallos, diámetro y altura de planta) y de productividad (número de tubérculos por planta, rendimiento en peso de tubérculos por planta, presencia de enfermedades en tubérculos). Los resultados indicaron que el tratamiento T2 (52.225kg) presentó el mayor rendimiento en primera categoría tubérculos y T6 (74.940 kg) en rendimiento total. En cuanto a los indicadores de desarrollo morfológico, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Y en costo/beneficio el T6 destaca con 3,96. Se concluye que la aplicación de los consorcios microbianos en combinación con fertilizantes químicos puede ser una alternativa viable para la biofertilización del cultivo de papa, permitiendo reducir el uso de fertilizantes químicos y sus efectos negativos en el medio ambiente.

Palabras clave: microorganismos, consorcios microbianos, biofertilización, papa, fertilización química, andisoles, INIAP-CIP-Libertad

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the effect of microbial consortia (MC) as a biofertilization alternative for potato (*Solanum tuberosum* L.) crop cultivation, specifically the INIAP – CIP – Libertad variety. This variety was selected for its resistance to late blight (*Phytophthora infestans*), short growth cycle, yield exceeding 30 t/ha, and low environmental impact. The research was carried out under field conditions; the study addressed the problems associated with the intensive use of chemicals and high phosphorus fixation in andisol soils through a randomized complete block design with seven treatments. A chemical witness (T1) with standard doses of NPK, a treatment with complete NPK and CM (T2) are included to evaluate synergies, three treatments (T3, T4, and T5) with reduced NPK (75%, 50%, and 25%) and CM to analyze the potential reduction of chemical fertilizer, only CM (T6) and an absolute witness without NPK or CM fertilization (T7). The evaluation included variables of morphological development (emergence percentage, number of stems, diameter, and plant height) and productivity (number of tubers per plant, yield in weight of tubers per plant, presence of diseases in tubers). The results indicated that treatment T2 (52,225 kg) had the highest yield of first-class tubers, and T6 (74,940 kg) had the highest total yield.

Regarding morphological development indicators, no significant differences were found between treatments. In terms of cost/benefit, T6 stands out at 3.96. It is concluded that applying microbial consortia in combination with chemical fertilizers can be a viable alternative for the biofertilization of potato crops, reducing the use of chemical fertilizers and their adverse effects on the environment.

Keywords: microorganisms, microbial consortia, biofertilization, potato, chemical fertilization, andisols, INIAP-CIP-Libertad

I. PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La implementación inadecuada de prácticas agrícolas, como el manejo continuo de cultivos sin rotación, la labranza intensiva y la deforestación, contribuyen significativamente a la degradación de los suelos, lo que provoca la pérdida de su fertilidad natural. Al disminuir la capacidad de los suelos para retener nutrientes y agua, los agricultores se ven obligados a recurrir a fertilizantes químicos y técnicas artificiales de mayor costo para intentar mantener la productividad de sus cultivos (De la Rosa y Salazar, 2022). China e India países con economías emergentes han demostrado un aumento en el consumo de fertilizantes químicos, agravando la situación de fertilidad de suelo (Guo y Wang, 2021). En Latinoamérica la situación no es diferente, en Nicaragua, un país cuya economía se basa en agricultura experimenta problemas de fertilidad, bajo nivel de materia orgánica, altos niveles de acidez, conllevando al uso intensivo de abonos químicos para mejorar el estado del suelo (Saballos *et al.*, 2022).

La región del altiplano ecuatoriano se caracteriza por una fuerte degradación y erosión del suelo, además de la pérdida de características químicas y bioquímicas debido a las malas prácticas agrícolas (Avila *et al.*, 2020). Por otro lado, el Ecuador está ubicado en el sistema montañoso andino y sus suelos se componen de deposiciones recientes de ceniza volcánica (Gutiérrez, 2015). En Carchi, predominan los suelos andisoles que tienen la capacidad de retener fósforo (P) (Vizúete, 2022), gracias a sus propiedades ándicas asociadas a la fracción amorfa de minerales arcillosos y los complejos organominerales formados con Al y Fe (Alcalá *et al.*, 2009). Debido a esta propiedad Ecuador utiliza una gran cantidad de fertilizantes fosforados (Mora *et al.*, 2021).

En el Carchi, la agricultura se centra en monocultivos de papa, que tienden a volverse insostenibles debido a la creciente degradación del suelo y el limitado acceso al agua. Esto la convirtió en una de las actividades antrópicas de mayor impacto en los ecosistemas, agravada por el uso de pesticidas y fertilizantes (Franco *et al.*, 2016). El monocultivo incrementó en aproximadamente 73% en los últimos años, lo que significa una gran dificultad para los sistemas de producción por la pérdida de la fertilidad y dependencia de fertilizantes de síntesis química (Zambrano *et al.*, 2021).

Hernández y Rebollar (2013) manifiestan que el cultivo de papa demanda entre 200 y 300 kg/ha de P₂O₅. No obstante, se utiliza mucho más fertilizante por el alto poder de fijación de fosforo en los suelos andisoles (Bayuelo *et al.*, 2019). En los sistemas agrícolas convencionales, una parte considerable del nitrógeno aplicado como fertilizante se pierde, ya que entre el 50 y el 60 % se elimina del suelo por lixiviación y volatilización (Perez, 2013). Representando los fertilizantes sintéticos entre el 30 y el 50 % de los costos de producción, dependiendo de las características de cada cultivo (Zambrano *et al.*, 2021). Según Yépez (2013) los rubros por fertilizantes representan alrededor del 60% del costo productivo en el cultivo de papa, lo cual dificulta su sostenibilidad y rentabilidad económica.

La administración intensiva de nutrientes y las prácticas agrícolas inadecuadas continúan degradando el suelo, una problemática constante en países en vías de desarrollo (Méndez y Viteri, 2007). Esta pérdida de fertilidad reduce los rendimientos a largo plazo y exige un aumento constante en el uso de fertilizantes químicos para alcanzar niveles aceptables de producción (Negrete, 2011). Como respuesta, se promueve la agricultura ecológica mediante enmiendas orgánicas y microorganismos benéficos para mejorar la calidad del suelo (Beltrán y Bernal, 2022). Esto subraya la necesidad de alternativas de biofertilización que optimicen la absorción de nutrientes y fortalezcan la fertilidad del suelo, incrementando así los rendimientos agrícolas.

La variedad INIAP-CIP-Libertad podría desempeñar un papel fundamental en el contexto agrícola del Carchi. Su capacidad de resistencia al tizón tardío y sus cualidades agronómicas ofrecen la posibilidad de reducir la dependencia de productos químicos (Cuesta *et al.*, 2022). Sin embargo, en un panorama donde los ecosistemas cultivables están perdiendo gradualmente la fertilidad del suelo y las prácticas agronómicas inadecuadas están conduciendo al deterioro y erosión del suelo, es esencial considerar enfoques más sostenibles (Franco *et al.*, 2016).

1.2. Preguntas de investigación o hipótesis

- ¿Es posible lograr bajar la dosis de fertilizantes de síntesis química mediante la utilización de biofertilizantes con consorcios microbianos en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*)?

- ¿Qué parámetros establecen el mejor tratamiento de los biofertilizantes con consorcios microbianos sobre el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*)?
- ¿Qué impacto tienen los tratamientos de biofertilizantes en el rendimiento y en la calidad sanitaria de la producción de tubérculos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*)?
- ¿Cuáles son los factores observables que contribuyen a la mejora del rendimiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*)?

1.3. Objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la biofertilización con consorcios microbianos para mejorar la producción del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*).

1.3.2. Objetivos Específicos

- Establecer el porcentaje de fertilizante químico que se puede reducir mediante el uso de consorcios microbianos sin afectar la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), a través de la evaluación de diferentes dosis de fertilización.
- Determinar el tratamiento que ofrece los mejores resultados en el desarrollo y rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*).
- Analizar la influencia de los consorcios microbianos en la calidad de la cosecha del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*).
- Definir el tratamiento que genera menor costo de producción en relación al costo beneficio.

1.4. Hipótesis

- H1. La biofertilización con consorcios microbianos mejora la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) al incrementar el rendimiento, mejorar la calidad de la cosecha y reducir la dependencia de fertilizantes químicos.
- H0. La biofertilización con consorcios microbianos no mejora la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) al incrementar el rendimiento, mejorar la calidad de la cosecha y reducir la dependencia de fertilizantes químicos.

disminuyendo la dependencia de agroquímicos (Nosheen *et al.*, 2021). Microorganismos con actividades de fijación de N₂ y liberación de fosfato, son insumos biológicos clave en la agroecología, pues promueven la provisión y asimilación de nutrientes clave para las plantas y reducen la dependencia de fertilización sintética (Beltrán y Bernal, 2022). Comprender la dinámica de las comunidades microbianas beneficiosas del suelo representa una oportunidad para el incremento de la eficiencia productiva con miras a mejorar la eficiencia del cultivo de papa (Flores y Leon, 2024).

Para obtener un buen rendimiento del cultivo se debe aplicar fertilizantes en cada ciclo, por ello, se ha aumentado considerablemente en la concentración de fertilizantes sintéticos aplicados por unidad de área cultivada. Sin embargo, esto interfiere con los objetivos de la nueva agricultura de reducir la inversión en agroquímicos y prevenir procesos de acumulación de contaminantes en el suelo (Moreno *et al.*, 2018). En este contexto, la comprensión de mecanismos microbianos como la fijación biológica de nitrógeno y la solubilización de compuestos fosfatados resulta esencial para optimizar la eficacia de los bioinsumos, mejorar la fertilidad edáfica y potenciar la productividad agrícola (Beltrán y Bernal, 2022).

La biofertilización se convierte en una alternativa viable para la producción agroecológica. Por ello, es necesario exponerla como una vía agroecológica para promover sistemas productivos resilientes y la recuperación de suelos deteriorados para manejar sosteniblemente los recursos naturales. En relación con esta perspectiva, la investigación en la variedad INIAP Libertad es crucial ante los retos actuales dentro de la dinámica productiva de la papa en el Carchi y Ecuador, pues es resistente al tizón tardío y posee cualidades agronómicas excepcionales que podrían reducir la dependencia de químicos (Cuesta *et al.*, 2022). Un análisis más profundo de su integración en prácticas de manejo sostenible del suelo y biofertilización podría impactar positivamente la producción y la conservación de recursos en el Carchi.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes de investigación

El impulso a la investigación para el avance de la agricultura agroecológica es crucial para lograr una producción sostenible y ambientalmente responsable. Por ello, los esfuerzos científicos se enfocan en reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos mediante estrategias que optimicen el uso eficiente de los nutrientes del suelo y mejoren la productividad del cultivo de papa. Una de estas estrategias es el empleo de inoculantes microbianos con propiedades biofertilizantes, lo que ha motivado múltiples estudios dirigidos a identificar las mejores formas de aplicación y combinación de microorganismos benéficos del suelo.

Según Zambrano *et al.* (2021) en Ecuador, tras 20 años de investigación, se desarrolló un biofertilizante para el cultivo de maíz, compuesto por *Azospirillum spp.* y *Pseudomonas fluorescens*, logrando incrementar la productividad a la par que se reduce el empleo de fertilizantes sintéticos en un 50%. Esta innovación disminuye significativamente los costos de producción y promueve un sistema de producción agroecológico. Los autores señalaron que, dependiendo del cultivo, los fertilizantes sintéticos pueden representar entre un 30% y 50% de los costos de producción, lo que refuerza la viabilidad de sistemas sostenibles en la Sierra ecuatoriana mediante la incorporación de consorcios microbianos con potencial biofertilizante.

En el sistema de producción de la variedad de papa Superchola en suelo andisol, Mora *et al.* (2019) reportaron una mejora en la eficiencia de absorción de fósforo y una reducción del fertilizante fosfórico en un 75% al combinar biofertilizantes con bacterias solubilizadoras de fósforo y micorrizas arbusculares, obteniendo además resultados económicos favorables. Finalmente, destacaron, a través de un análisis de regresión doble recíproca, la influencia del fósforo en la calidad y producción de los tubérculos, demostrando la efectividad de las combinaciones de biofertilización como una alternativa sólida para reemplazar la fertilización química.

Leal *et al.* (2018) en su investigación realizada en papa de variedad Atlantic en suelo negro obtuvo un efecto favorable al utilizar biofertilizantes, con mayor rendimiento de tubérculos en el tratamiento T3 que consistió en 40 kg/has de Ca+ (*Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*,

Pseudomonas fluorescens, *Trichoderma harzianum*) superando con 51.5% al testigo. Este efecto en el cultivo se atribuyó a la biosíntesis de fitohormonas por microorganismos, que favorecieron el desarrollo del sistema radicular y mejoró la nutrición de las plantas. Así mismo, señalaron que el tratamiento con *T. harzianum*, *B. subtilis* y *P. fluorescens* presentó una menor incidencia de patógenos, registrando únicamente un 0.90% para *Streptomyces* y ausencia de *Fusarium*, en comparación con el tratamiento testigo, que mostró incidencias del 32.14% y 1.00%, respectivamente.

Por otro lado, en la investigación de Romero *et al.* (2022), se identificó que los microorganismos, además de constituir un suplemento a la fertilización estimularon el mecanismos fisiológicos y bioquímicos asociados a la defensa vegetal, para ello; se emplearon microorganismos en cítricos, observándose una mejora en la respuesta del sistema inmunológico de las plantas frente a condiciones de estrés. De manera complementaria, Tabacchioni *et al.*, (2021) evaluaron el uso de microorganismos con capacidad de promover el crecimiento vegetal y conferir tolerancia a estreses bióticos y abióticos mediante diferentes modos de acción. Para ello, utilizaron tejidos de orquídeas con el fin de determinar la presencia y proliferación de plagas en frutos expuestos a distintas condiciones experimentales.

En un estudio realizado por Galindo *et al.* (2018) en papa (*Solanum phureja*) en suelo negro estéril Se determinó que la inoculación de plantas con *Trichoderma harzianum* y hongos micorrízicos arbusculares del género *Glomus* favoreció significativamente el incremento de la biomasa vegetal, así como una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes esenciales.. Moreno *et al.* (2018) indagó en una revisión de artículos que evidencian que las rizobacterias que promueven el crecimiento vegetal (RPCV) establecen interacciones complejas con el entorno biótico, incluyendo tanto a las plantas como a otros microorganismos, y que dichas interacciones se desarrollan mediante diversos mecanismos que estimulan el crecimiento vegetal, en consecuencia, son útiles para maximizar la producción de las plantas cultivadas.

Castillo *et al.* (2016) investigaron en un cultivo de variedad Desireé en suelo andisol señalaron que la aplicación del bioestimulante Twin-N, compuesto por bacterias fijadoras de nitrógeno liofilizadas como *Azospirillum* y otros diazótrofos, generó un aumento significativo en la producción de tubérculos de calibre superior a 6.5, incrementándolo en un 36% en comparación con el tratamiento testigo. También concluyeron que, en un contexto de agricultura sostenible, los hongos micorrízicos arbusculares y los biofertilizantes como Twin-N, que contienen

bacterias fijadoras de nitrógeno, constituyen una alternativa efectiva y sostenible para disminuir la dependencia de fertilizantes químicos en los sistemas agrícolas.

En su revisión sistemática Beltrán y Bernal (2022) en la agricultura ecológica, los microorganismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo resultaron ser componentes clave a fin de favorecer la absorción eficiente de elementos esenciales por parte del cultivo y minimizar el uso de fertilizantes convencionales. En una revisión bibliográfica realizada por Wichrowska y Szczepanek (2020), se identificó que los fertilizantes minerales completos y reducidos a la mitad, fuentes orgánicas como guisante, paja y abono, así como el biofertilizante UGmax incrementa el contenido de proteína cruda, aminoácidos esenciales y no esenciales en los tubérculos.

El uso de diversos microorganismos que puedan promover el crecimiento de las plantas y protegerlas de estreses bióticos o abióticos con diferentes modos de acción se consideró un requisito básico en la ingeniería de mezclas microbianas sintéticas aplicadas a las plantas de acuerdo con la revisión sistemática de Tabacchioni *et al.* (2021). El mismo autor establece que los resultados de las pruebas de compatibilidad de bacterias-bacterias y bacterias-hongos, se eligieron varios aislados microbianos pertenecientes a diferentes géneros y especies para diseñar inoculantes de consorcios microbianos adecuados.

El uso de biofertilizantes como estrategia alternativa ha demostrado contribuir a la sostenibilidad ambiental y al incremento de la productividad agrícola, en virtud del rol fundamental que desempeñan las comunidades microbianas en procesos biogeoquímicos que favorecen la estabilidad y funcionalidad de los agroecosistemas (Beltrán & Bernal, 2022). Las bacterias endófitas se usaron no solo como biofertilizante para aumentar el rendimiento del arroz, sino también como agente biorremediador para minimizar la concentración de Cd en los granos y se proyecta a usarse para la producción saludable de arroz (Tian *et al.*, 2022).

La inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) en cultivos ha demostrado una reducción significativa en la necesidad de fertilizantes sintéticos, así como en los efectos adversos sobre las propiedades del suelo. Adicionalmente, se observó un aumento en la productividad de las cosechas, lo que benefició la economía de los agricultores y contribuyendo a la seguridad alimentaria poblacional (Moreno *et al.*, 2018). Por su parte, la aplicación de biofertilizantes incrementó la efectividad de los fertilizantes orgánicos, permitió

reducir la aplicación de fertilizantes minerales y permitió un cultivo más respetuoso con el medio ambiente (Wichrowska y Szczepanek, 2020).

2.2. Marco teórico

2.2.1 Cultivo de Papa

2.2.1.1 Características Generales de la Papa

La papa (*Solanum tuberosum* spp.), es un tubérculo originario de la región andina, cuyo desarrollo se atribuye a sucesivas hibridaciones entre especies diploides del complejo *S. brevicaulis*, seguidas por eventos de poliploidización que derivaron en formas tetraploides (Tapia, 2017). Este proceso tuvo lugar en al menos dos centros de origen independientes ubicados en América del Sur: la región andina de Perú y Bolivia, y la zona austral de Chile. En la actualidad, las variedades domesticadas a nivel global se reconocen taxonómicamente bajo la especie *S. tuberosum* (Rodríguez, 2010).

2.2.1.2 Clasificación Taxonómica de cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Tabla 1

Clasificación Taxonómica de la papa

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Tubifloras
Familia	Solanaceae
Género	<i>Solanum</i>
Subgénero	<i>Potatoe</i>
Especie	<i>Solanum tuberosum</i>
Sección	<i>Petota</i>
Serie	<i>Tuberosa</i>

Nota. Obtenido de Márquez-Vasallo *et al.* (2020)

Es una especie vegetal dicotiledónea, de hábito herbáceo y ciclo perenne, que presenta una estructura morfológica diferenciada en un sistema aéreo y otro subterráneo de tipo rizomatoso, a partir del cual se desarrollan los tubérculos. Presenta tallos gruesos, de consistencia leñosa, huecos o medulosos, sólidos en los nudos, con forma angular y coloración verde o púrpura rojiza (Zuñiga *et al.*, 2017).

El follaje presenta un porte de entre 0,60 y 1,50 m de altura, conformado por hojas compuestas pinnadas, dispuestas de forma alterna a lo largo del tallo. En plántulas, las hojas iniciales pueden ser simples, mientras que en plantas adultas predominan las hojas compuestas, con mayor densidad en cultivares mejorados (Pusimacho y Shcerwood, 2002).

2.2.1.3 Características Morfológicas

Morfología de la planta de papa de acuerdo con Cuesta et al., (2015) y Cuesta et al., (2015)

- Raíces: Son fibrosas, finas, muy ramificadas y de escasa penetración. El 65 % del sistema radicular se concentra en los primeros 30 cm de profundidad y puede extenderse lateralmente hasta 60 cm. Su desarrollo óptimo ocurre en suelos sueltos y bien aireados
- Tallos: Son aéreos, fuertes y angulosos, con forma y tamaño que pueden diferir en función de la variedad genética, el estado fenológico de la planta y las condiciones de fertilidad del suelo. Se desarrollan a partir de las yemas del tubérculo y alcanzan alturas entre 0.5 y 1 metro. Presentan pigmentación verde pardo por antocianinas y clorofila
- Rizomas/Estolones: Se trata de estructuras laterales subterráneas modificadas, en forma de ganchos, que originan los tubérculos. Su longitud y formación varían según la variedad. De ellos también emergen raíces adventicias
- Tubérculos: Constituyen el órgano comestible de la papa. Son estructuras de almacenamiento formadas por tejido parenquimático rico en almidón. Presentan yemas de crecimiento denominadas “ojos”, dispuestas en espiral, y contienen entre 70 y 80 % de la materia seca acumulada por la planta
- Hojas: De tipo compuesto e imparipinnado, con folíolos primarios, secundarios e intercalares. Su nervadura es reticulada, más densa en nervios principales y márgenes. Tienen forma abierta, color verde claro y tamaño medio
- Inflorescencias: Son cimosas y se ubican en el extremo del tallo. La corola es gamopétala y estrellada, con colores que varían entre blanco, rosado o violeta según la

variedad. La planta es autógama y presenta alta frecuencia de androesterilidad por aborto de estambres o polen

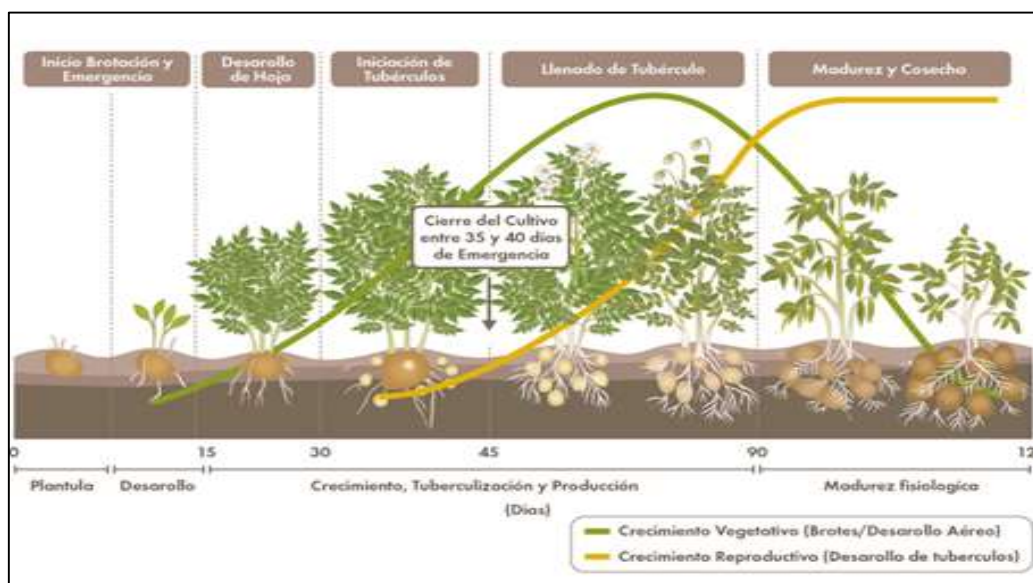
- Frutos: Son bayas esféricas, biloculares, que contienen numerosas semillas pequeñas, planas y de forma ovalada

2.2.1.4 Etapas fenológicas del cultivo de papa.

Conforme a Meneses *et al.* (2015) para un análisis de la ecofisiología del cultivo de papa (Figura 1), es recomendable segmentar su crecimiento y desarrollo en cinco etapas fenológicas distinta.

- a) Desarrollo de brotes: El ciclo de crecimiento comienza con la emergencia de los brotes a partir del tubérculo-semilla, seguida por la expansión inicial de la parte aérea de la planta. En esta etapa, también se desarrolla la formación de las primeras raíces en la base de los brotes, lo cual es crucial para el establecimiento de la planta (Bouzo, 2009).
- b) Desarrollo: Durante esta fase, se produce un crecimiento simultáneo del sistema foliar y radicular, generalmente entre los 20 y 30 días posteriores a la siembra (Bouzo, 2009).
- c) Tuberización: Esta etapa se manifiesta entre los 30 y 45 días posteriores a la siembra, iniciándose con el engrosamiento de los extremos de los rizomas, donde comienzan a formarse los tubérculos en la parte terminal de los estolones (Meneses *et al.*, 2015).
- d) Llenado de tubérculos: Los tubérculos experimentan un incremento progresivo en tamaño y peso, resultado de la acumulación de agua, nutrientes esenciales y carbohidratos. Este proceso tiene lugar entre los 45 y 90 días después de la siembra (Meneses *et al.*, 2015).
- e) Maduración: Se caracteriza por la senescencia gradual del follaje, evidenciada por el amarillamiento y posterior oscurecimiento de las hojas. Paralelamente, la epidermis del tubérculo se engrosa, indicando que ha alcanzado su máximo nivel de desarrollo fisiológico (Meneses *et al.*, 2015).

Figura 1
Fases fenológicas del cultivo de papa



Nota. Tomado de Lucano *et al.* (2014)

2.2.1.5 Variedades

En el Ecuador, las variedades de papa más ampliamente cultivadas incluyen Friepapa, Gabriela y Superchola (Monar *et al.*, 2014). En la provincia del Carchi, la diversidad varietal es notable, destacándose cultivares como Superchola, Capiro, Única, Yema de Huevo, Ratona, entre otros (Gallegos *et al.*, 2011). Por otro lado, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha incorporado nuevas variedades al sistema productivo nacional, entre las que se encuentran Superfri e INIAP–CIP–Libertad (Cuesta *et al.*, 2015).

2.2.1.6 Variedad INIAP – CIP – Libertad

La variedad INIAP–CIP–Libertad se caracteriza por su capacidad de resistencia frente al tizón tardío (*Phytophthora infestans*), basada en un tipo de resistencia no específica. Además, presenta un ciclo fenológico corto, con una duración inferior a los 120 días., lo que la convierte en una variedad precoz. Al utilizar tecnologías de manejo integrado, tiene un impacto ambiental más bajo que otras variedades comerciales. Esta variedad es adecuada para ser procesada en forma de papas fritas tipo bastones debido a sus características de calidad.

Sin embargo, el análisis de estabilidad indica que la variedad no es de amplia adaptación, los tubérculos son ovalados, aplanados, con ojos superficiales, piel amarilla uniforme y pulpa crema (Cuesta *et al.*, 2022), las características agronómicas se describen en la Tabla 2.

Tabla 2

Características agronómicas de la variedad INIAP-CIP Libertad

Características	Rangos
Días a la floración	40-50
Días a la cosecha	100-120
Vigor de la planta	Vigorosa
Cobertura de planta	Completa
Altura de planta (m)	0.70-0.80
Tizón tardío	Resistente
Brotación	Múltiple
Período de dormancia	3 meses
Tubérculos por planta	*15-20
Rendimiento (kg/ planta)	*0.56-1.45
Rendimiento (t/ha)	*25.0-48.0
Categorías (%) *	
•Primera	85-92
•Segunda	5-10
•Fina	3-5

Nota. La Tabla 2 describe las características agronómicas de la variedad INIAP-CIP Libertad, incluyendo el rango de rendimiento bajo condiciones experimentales en campos de productores, según Cuesta *et al.* (2022).

2.2.1.7 Plagas y enfermedades más comunes del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*)

Las plagas y enfermedades más comunes que afectan al cultivo de papa, como lancha, roya, sarna, bacterias, gusano, polilla, minador entre otros se describen en la Tabla 3.

Tabla 3Plagas y enfermedades más comunes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*)

Nombre común	Nombre científico	Agente Causal	Descripción y Daños
Enfermedades			
Lancha Negra	<i>Phytophthora infestans</i>	Oomiceto, perteneciente a la clase Oomycetes.	Provoca lesiones oscuras y húmedas en hojas, tallos y tubérculos. Puede llevar a una defoliación severa y pudrición de los tubérculos, afectando el rendimiento de la planta.
Roya	<i>Puccinia pittieriana</i>	Hongo, clase Basidiomycota, familia Pucciniaceae.	Genera pústulas de color marrón a anaranjado en las hojas, causando necrosis. Impacta negativamente en la fotosíntesis, lo que conduce a una disminución en el crecimiento de la planta
Rizoctonia	<i>Rhizoctonia solani</i>	Hongo del género <i>Rhizoctonia</i> ,	Causa lesiones oscuras en tallos, raíces y tubérculos. Puede llevar a deformaciones en los tubérculos, además de provocar una pérdida significativa en la calidad del cultivo.

Sarna Polvorienta	<i>Spongospora subterranea</i>	clase Basidiomycota. Hongo del género <i>Spongospora</i> , clase Glomeromycota.	Produce lesiones rugosas y polvorientas en la superficie de los tubérculos. Afecta la apariencia y el valor comercial de la papa, además de reducir su calidad.
Bacterias			
Pudrición Blanda	<i>Erwinia spp.</i> y <i>Pectobacterium spp.</i>	Bacterias del género <i>Erwinia</i> y <i>Pectobacterium</i> .	Provoca la descomposición de los tubérculos, generando una textura blanda y mal olor. Esta pudrición suele comenzar en heridas o zonas dañadas y puede afectar rápidamente el rendimiento.
Plagas			
Gusano Blanco	<i>Premnotrypes vorax</i>	Coleóptero, familia Dryophthoridae.	El gusano blanco es una plaga del suelo cuyas larvas se alimentan de los tubérculos. Su acción perforadora reduce la calidad del tubérculo y puede causar la descomposición de los mismos
Polilla	<i>Tecia solanivora</i> , <i>Symmetrischema tangolias</i> , <i>Phthorimaea operculella</i>	Lepidóptero, familia Crambidae y Gelechiidae.	Los gusanos de <i>Phthorimaea</i> perforan las hojas formando minas. Los gusanos de <i>Symmetrischema</i> perforan los tallos. Los gusanos de las tres especies de polillas causan perforaciones en los tubérculos, lo que posteriormente conduce a su descomposición.
Trips	<i>Frankliniella tuberosi</i>	Insecto, familia Thripidae.	Este insecto chupador se alimenta de las hojas de la planta, provocando manchas plateadas que afectan la fotosíntesis. Esto reduce el vigor de la planta y puede afectar indirectamente los tubérculos.
Minador	<i>Liriomyza spp</i>	Mosca, familia Agromyzidae.	Las larvas de este insecto excavan túneles en las hojas, lo que interrumpe la fotosíntesis. Los daños no solo afectan el crecimiento vegetativo, sino que también limitan el desarrollo adecuado de los tubérculos
Pulguilla	<i>Epitrix spp</i>	Insecto, familia Chrysomelidae.	Los adultos perforan las hojas y las larvas afectan las raíces. Esto debilita la planta, impactando su capacidad para producir tubérculos de calidad

Nota. Esta tabla proporciona una descripción técnica y detallada de los agentes causales y los daños asociados con cada plaga o enfermedad que afecta el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Adaptado de Montesdeoca *et al.* (2013) CIP (Centro Internacional de la Papa). INIAP. y BASF, (2023)

2.2.2 Fertilización Química

2.2.2.1 Generalidades

El impacto en el rendimiento del cultivo y los costos asociados a su producción está estrechamente vinculado por la eficiencia y el potencial agronómico de los fertilizantes NKP. Estos elementos, clasificados como macronutrientes primarios porque son los que el cultivo

requiere en mayores cantidades. Según lo señalado por Flores *et al.* (2016) menciona que el fósforo constituye un elemento fundamental en los tejidos vegetales, ya que integra la estructura de los ácidos nucleicos.

El fósforo es crucial en las etapas iniciales del cultivo, ya que promueve el desarrollo radicular y el crecimiento temprano. Su demanda se incrementa en ambientes fríos, en condiciones de raíces poco desarrolladas o cuando se busca estimular un desarrollo acelerado de la parte aérea durante las etapas iniciales del ciclo fenológico (Rizvi *et al.*, 2021).

Tabla 4
Requerimientos para cultivar una tonelada de papa

Para producir x ton					
Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Azufre (S)
4.0 - 5.5	1.2 - 1.5	6.0 - 7.0	0.8 - 1.0	0.4 - 0.6	0.3 - 0.5
(kg/ton)	(kg/ton)	(kg/ton)	(kg/ton)	(kg/ton)	(kg/ton)

Nota. Requerimientos para cultivar una tonelada de papa (Rizvi *et al.*, 2021).

2.2.2.2 Relación entre el uso de fertilizantes químicos y los costos de producción.

La elevada capacidad de los andisoles para fijar fósforo ha generado un uso intensivo de fertilizantes fosfatados en Ecuador (Jacobsen y Sherwood, 2002). Estos insumos representan más del 60 % del costo total de producción en el cultivo de papa, no obstante, muchos productores no realizan un seguimiento detallado de sus gastos, lo que impide una valoración precisa del impacto económico de los fertilizantes en la rentabilidad del cultivo (Yépez, 2013). En cuanto a la función de los principales nutrientes se describe en la Tabla 5.

Tabla 5

Funciones de los principales nutrientes aplicados como fertilizantes

Nutriente	Función
Nitrógeno (N)	Este nutriente desempeña un papel fundamental en la biosíntesis de aminoácidos, un componente esencial para la formación de proteínas, se encuentra presente en la estructura de la clorofila, participando activamente en los procesos de fotosíntesis y división celular. Su deficiencia se manifiesta comúnmente como clorosis.
Fósforo (P)	Nutriente indispensable presente en los ácidos nucleicos, las membranas celulares y el ATP; es fundamental para la división celular, el desarrollo radicular, la fotosíntesis, el metabolismo de azúcares y la transferencia de energía.
Potasio (K)	Interviene en la síntesis de proteínas y aminoácidos, favorece la fotosíntesis, la formación de frutos y la resistencia de las plantas frente a enfermedades y bajas temperaturas. Es esencial para la translocación de azúcares y el mantenimiento de la presión osmótica interna, previniendo la marchitez.

Nota. Adaptado de Beltrán y Bernal, (2022)

2.2.2.3. Cantidades de NPK de acuerdo a las características de suelos andisoles

Figura 2

Recomendaciones de fertilización con NPK

Interpretación Análisis de suelo	Fracción disponible en el suelo				Recomendación de fertilización			
	N	P	S	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
	ppm			Meq/100 ml	kg/ha			
Bajo	<30	<10	<12	<0.19	150-200	300-400	100-150	40-60
Medio	31-60	11-20	13-23	0.2-0.38	100-150	200-300	60-100	20-40
Alto	>61	>21	>24	>0.39	60-100	100-200	40-60	0-20

Nota. (Pusimacho & Sherwood, 2002, p.71).

El análisis químico previo del suelo permite establecer la cantidad de fertilizantes necesaria para el cultivo, la Figura 2 detalla las recomendaciones generales basadas en investigaciones desarrolladas por agricultores en varias zonas paperas.

De acuerdo con Cuesta et al. (2015), el esquema de fertilización recomendado para la variedad de papa *Solanum tuberosum* INIAP-CIP-Libertad establece que, durante la siembra, se debe incorporar todo el fósforo (P_2O_5) y azufre (S), junto con el 50% de nitrógeno (N) y potasio (K_2O) en el fondo del surco. A los 45 días después de la siembra, se debe aplicar el 50% restante de nitrógeno y potasio en banda lateral, a una distancia de 10 cm de la planta.

2.2.3 Biofertilización

2.2.3.1 Aplicación de tecnologías biofertilizantes.

La biofertilización es una práctica agrícola sostenible ampliamente adoptada a nivel global. Su fundamento radica en el uso de insumos orgánicos como el estiércol, tradicionalmente empleado a fin de incrementar el desempeño agronómico sin afectar negativamente los ecosistemas cultivables. Este enfoque biotecnológico incluye la incorporación de consorcios microbianos benéficos, tales como hongos micorrízicos arbusculares y bacterias con funciones fijadoras y solubilizadoras de nutrientes, así como productos como el biol y el vermicompost. Estos componentes no solo reponen nutrientes esenciales, sino que también mejoran la calidad del suelo al incrementar su contenido de materia orgánica (Vassileva *et al.*, 2022).

2.2.3.2 Biofertilizantes

Un biofertilizante, también denominado inoculante microbiano, corresponde a un insumo biológico conformado por microorganismos vivos o en estado latente, como bacterias u hongos, aplicados de manera individual o en consorcio, cuya incorporación en semillas, suelos o plantas estimula el desarrollo vegetal y mejora la productividad agrícola, diferenciándose de los abonos orgánicos convencionales, como el compost o el humus, por su composición basada en organismos vivos (Avis *et al.*, 2008). Aquellos formulados con consorcios microbianos incluyen cepas que optimizan la asimilación de nutrientes, actúan como agentes de control biológico y estimulan la producción de fitohormonas, generando un efecto sinérgico que potencia el vigor de las plantas y el rendimiento agronómico (Reddy y Saravanan, 2013).

2.2.3.3 Producción del Inóculo microbiano

La obtención de inóculo para hongos micorrízicos arbusculares se realiza mediante el cultivo de plantas hospedantes, como sorgo, maíz o cebolla, en sustratos inertes (arena, tierra, perlita o zeolita), a partir de los cuales se recolectan estructuras fúngicas (esporas, hifas y raíces

colonizadas) que posteriormente se diluyen en un acarreador adecuado, como turba o materia orgánica. En el caso de *Trichoderma* spp. y ectomicorrizas, la multiplicación se lleva a cabo por fermentación. Por otro lado, las bacterias empleadas en biofertilizantes se cultivan en medios líquidos bajo condiciones controladas de laboratorio hasta alcanzar concentraciones superiores a 10^8 UFC·ml⁻¹, mientras que para la elaboración de consorcios microbianos, cada cepa se desarrolla por separado y luego se combina en proporciones definidas (Malusá *et al.*, 2012).

2.2.3.4 Acarreadores

El acarreador, o carrier, es un componente clave del biofertilizante que proporciona soporte y protección a los microorganismos, clasificándose en sólidos o líquidos. Debe permitir la liberación de microorganismos viables durante 2 a 3 meses y tener características como estabilidad, bajo costo, compatibilidad ambiental y capacidad para retener humedad (Abrahão *et al.*, 2020). Un buen acarreador debe ser sustentable, rentable, operativamente sencillo, fácilmente accesible para su adopción a nivel productivo y capaz de retener humedad y estabilizar el pH, además de permitir la mezcla con componentes esenciales y sustancias coadyuvantes (Reddy y Saravanan, 2013). En cuanto los sólidos incluyen materiales orgánicos e inorgánicos, mientras que los líquidos comprenden suspensiones en caldos nutritivos, aceites o emulsiones. En bacterias, el acarreador es opcional debido a su posible conservación por liofilización (Malusá *et al.*, 2012).

2.2.3.5 Formulación del biofertilizante

La formulación de un biofertilizante implica considerar aspectos clave como la formulación del consorcio microbiano, ajustado a una constitución biológica y concentración específicas; la elección de un portador adecuado que garantice la viabilidad de los microorganismos; y, finalmente, la definición del método de aplicación más eficiente en condiciones de campo (Reddy y Saravanan, 2013).

2.2.3.6 Métodos de aplicación

La utilización de productos microbianos debe adaptarse a las prácticas agrícolas y a la maquinaria utilizada por los productores. Los bioinsumos líquidos son fáciles de aplicar, rápidos y compatibles con sistemas de fertirrigación (Carreras y Soria, 2017). Los métodos más

comunes incluyen el tratar la semilla, la inoculación al trasplante, la aplicación localizada en el surco y la aspersión foliar, siendo algunas formulaciones líquidas mezcladas en el campo (Malusá *et al.*, 2012)

2.2.3.7 Microorganismos utilizados en bioinsumos

Bacterias y hongos provenientes de la rizosfera que, al ser inoculados en las plantas, actúan como promotores del crecimiento mediante diversos mecanismos, como la mejora en la absorción de nutrientes y crecimiento vegetal a través de diversos mecanismos. Desde una perspectiva agrícola, estos ventajosos microorganismos pueden ser rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) y como agentes biológicos de control. Entre los microorganismos más empleados en la formulación de biofertilizantes se incluyen *Trichoderma*, los hongos micorrízicos arbusculares y PGPR destacando especialmente géneros como *Bacillus* y *Pseudomonas* (Reddy y Saravanan, 2013).

2.2.4 Consorcios microbianos

Un consorcio microbiano se refiere a un colectivo de microorganismos que abarca un mínimo de dos miembros distintos, que cohabitan en un entorno compartido y participan en interacciones recíprocas. Los componentes de estos pueden estar compuestos por diversos organismos, tales como algas, virus, hongos, arqueas y bacterias, que interactúan de manera sinérgica. Dentro de este consorcio, se producen diversas interacciones que mejoran su funcionalidad general: la asignación sinérgica de recursos (sustratos y productos), las relaciones comensales que promueven la proliferación microbiana, la eliminación de compuestos inhibidores o tóxicos, las interacciones antagónicas que facilitan la generación de metabolitos ventajosos y proceso de desarrollo o identificación de nuevos métodos biológicos (Zhang *et al.*, 2018).

2.2.4.1 Tipos de consorcios microbianos:

- Consorcios bacterianos: esta categoría abarca varias especies de bacterias que colaboran para lograr una función en particular.
- Consorcios de hongos: esta categoría abarca varias especies de hongos que colaboran para lograr una función en particular.

- Consorcios bacterianos y fúngicos: esta categoría abarca varias especies de bacterias y hongos que colaboran para lograr una función en particular (Zhang *et al.*, 2018).

2.2.4.2 Clasificación funcional

La clasificación de los consorcios microbianos se realiza en función de las categorías taxonómicas o funcionales de los microorganismos que los componen, específicamente en clasificaciones bacterianas, fúngicas y bacteriano-fúngicas. Estos consorcios se han integrado por PGPR, mismas con capacidad de fijación biológica de nitrógeno, hongos micorrízicos arbusculares (AMF) y organismos utilizados como agentes de control biológico (Barea *et al.*, 2005).

Los consorcios microbianos pueden clasificarse según la naturaleza de los microorganismos involucrados, distinguiéndose en bacterianos, fúngicos o mixtos. Estos consorcios incluyen diversos grupos microbianos como PGPR, bacterias fijadoras de nitrógeno, hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y microorganismos usados como agentes de control biológico (Barea *et al.*, 2005). También es posible formar combinaciones entre diferentes grupos, como los consorcios de HMA y bacterias fijadoras de nitrógeno, como *Rhizobium spp.* Además, los consorcios pueden clasificarse según su rol en la agricultura, abarcando funciones como la promoción del crecimiento vegetal, la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo y el control biológico de patógenos, tales como hongos, bacterias, insectos, nematodos, entre otros (Reddy y Saravanan, 2013).

2.2.4.3 Microorganismos utilizados en consorcios microbianos

Dentro de las PGPR comúnmente integradas en consorcios agrícolas, *Azospirillum* y *Azotobacter* destacan particularmente por su capacidad de fijar nitrógeno de autónomos en su desarrollo ambiental. Por su parte, *Pseudomonas* y *Bacillus* desempeñan un papel relevante como agentes biocontroladores, al ejercer efectos antagonistas sobre diversos hongos fitopatógenos, tales como *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Colletotrichum*, *Verticillium* y *Botrytis*, entre otros (Chennappa *et al.*, 2018).

Diversas especies de *Pseudomonas*, como *P. fluorescens* y *P. putida*, son ampliamente reconocidas por su capacidad como agentes de biocontrol; adicionalmente, en condiciones libres de patógenos, participan en la solubilización de fosfato y en la producción de ácido indol-

3-acético (Chennappa *et al.*, 2018). De manera similar, bacterias del género *Bacillus* contribuyen tanto al control biológico como a la mineralización de fósforo y a la degradación de materia orgánica de origen vegetal y animal (Corrales *et al.*, 2017). Particularmente, *B. thuringiensis* ha demostrado eficacia en el manejo de plagas al actuar como nematocida y facilitar procesos de biorremediación (Sauka, 2017).

Bacillus subtilis es conocida por producir metabolitos como la surfactina, la fengicina y la iturina A, B y C, que inhiben ciertos fitopatógenos responsables de enfermedades radiculares y foliares, tales como *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Phytophthora* a nivel de raíces, así como *Septoria*, *Sclerotinia*, *Fusarium* y *Verticillium* en follaje y tallos (Ariza y Sánchez, 2012). Tanto *B. megaterium* como *B. licheniformis* son reconocidas como promotoras del crecimiento de las plantas y se utilizan en el control biológico de patógenos vegetales específicos (Tejera *et al.*, 2011; Goswami *et al.*, 2018).

2.2.4.4 Aplicaciones en Biofertilizantes.

En el campo de la agricultura, los consorcios microbianos desempeñan un papel importante en la formulación de biofertilizantes. Estos biofertilizantes abarcan varios tipos de conjuntos microbianos que pueden introducirse en el suelo para mejorar la salud del suelo y promover el desarrollo de las plantas. Entre los consorcios microbianos que se utilizan con frecuencia en las prácticas agrícolas se encuentran los consorcios bacterianos fijadores de nitrógeno, que facilitan la disponibilidad de nitrógeno para la vegetación, y los hongos micorrízicos, que ayudan a optimizar la absorción de nutrientes por los sistemas radiculares de las plantas (Beltrán y Bernal, 2022).

2.2.4.5 Ventajas y desafíos de los consorcios microbianos

Los consorcios microbianos representan una alternativa sostenible en la agricultura, debido a que optimizan las propiedades edáficas y estimulan el desarrollo vegetal, incrementan la resistencia a enfermedades y contribuyen a una mayor producción agrícola (Nunes *et al.*, 2024). Además, su aplicación promueve una mayor eficiencia en la asimilación de nutrientes, la síntesis de factores de estimulación fisiológica y agentes de defensa natural contra fitopatógenos, fortaleciendo la resistencia sistémica de los cultivos (Reddy & Saravanan, 2013).

Sin embargo, su uso también implica desafíos, como la complejidad en su producción, la selección adecuada para cada aplicación y la posible incompatibilidad con ciertos suelos o condiciones climáticas. Por ello, es fundamental un enfoque riguroso basado en investigaciones para optimizar su aplicación y maximizar sus beneficios (Bhatia *et al.*, 2018).

2.2.4.6 Absorción de nutrientes

En las prácticas agrícolas tradicionales, se utilizan cantidades sustanciales de fertilizantes nitrogenados, que representan aproximadamente el 50% de los gastos totales de producción; sin embargo, se estima que entre el 50 y el 60% del nitrógeno aplicado se pierde debido a la lixiviación y la volatilización. El nitrógeno y el fósforo perdidos por la lixiviación contribuyen a la eutrofización de los ecosistemas acuáticos, lo que afecta negativamente a los organismos residentes.

La incorporación de inoculantes microbianos que contienen bacterias fijadoras de nitrógeno puede mitigar significativamente o, potencialmente, eliminar la dependencia de los fertilizantes nitrogenados. Estas bacterias pueden ser noduladoras, como *Rhizobium*, o de vida libre, como *Azospirillum* y *Azotobacter* (Reddy y Saravanan, 2013).

El segundo nutriente más limitante en la producción agrícola es el fósforo, lo que genera un aumento considerable en los costos de producción; a pesar de la presencia de cantidades significativas de fósforo en el suelo, principalmente en su forma de fosfatos inorgánicos, que oscilan entre 400 y 1200 mg kg⁻¹, las plantas solo pueden acceder a 1 ppm. De los fertilizantes fosfatados utilizados en la enmienda del suelo, una proporción importante, que oscila entre el 70 y el 90%, se transforma en formas insolubles que las plantas no pueden utilizar. La utilización del fósforo se puede optimizar mediante la aplicación de microorganismos, incluidas las bacterias solubilizadoras de fosfato de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Rhizobium*, junto con las micorrizas (Avis *et al.*, 2008).

El potasio es esencial para el crecimiento de las plantas, pero su disponibilidad en el suelo puede ser limitada. Los altos costos de fertilizantes de potasio pueden afectar la producción agrícola y dañar el medio ambiente (Wichrowska y Szczepanek, 2020). Los compuestos insolubles de potasio en el suelo incluyen silicatos, aluminosilicatos, feldespatos, micas y minerales

primarios. Los microorganismos, como bacterias y hongos solubilizadores de potasio, pueden transformarlos en formas solubles para su absorción por las plantas.

Las micorrizas son hongos que ayudan en la absorción de nutrientes, incluyendo el potasio, mediante la formación de una red de hifas que aumenta la superficie de absorción de las raíces y la liberación de ácidos orgánicos (Chaudhary *et al.*, 2024). Las bacterias solubilizadoras de potasio convierten el potasio insoluble en el suelo en formas disponibles para las plantas y estimulan el crecimiento de las raíces.

2.2.4.7 Resistencia sistémica inducida

Esta propiedad se refiere a la habilidad de la planta para activarse y defenderse frente a patógenos. Ciertos microorganismos son capaces de inducir esta resistencia a través de compuestos microbianos, moléculas señalizadoras y metabolitos antifúngicos. Entre estos microorganismos, *Pseudomonas fluorescens* y *Rhizobium spp.* destacan por su capacidad para promover esta respuesta defensiva (Rai *et al.*, 2024).

2.2.4.8. Productos comerciales de consorcios microbianos

AZOTOTIC

Sirve como biofertilizante que facilita la fijación del nitrógeno y sintetiza sustancias que promueven el crecimiento de las plantas. Este biofertilizante comprende varias cepas de las bacterias *Azotobacter vinelandii* y *Azotobacter chroococcum*. Su amplia aplicación como biofertilizante se atribuye a su capacidad para asimilar el nitrógeno atmosférico y convertirlo en amonio y nitrato, a los que las plantas pueden acceder a través de la enzima nitrogenasa. Esta bacteria existe de forma independiente en el suelo y está afiliada a la zona radicular de las plantas, siendo reconocida como promotora del crecimiento de las plantas debido a su capacidad para generar fitohormonas (Agrodiagnostic, 2023).

FOSFOTIC

Esta sustancia funciona como un biofertilizante que facilita la solubilización del fósforo inmovilizado en la matriz del suelo. Está constituido por un consorcio de especies microbianas, incluidas *Bacillus cereus*, *Bacillus licheniformis*, *Azotobacter vinelandii*, y *Pseudomonas fluorescens*, que poseen el potencial de convertir el fósforo inmovilizado en una forma

biodisponible para que las plantas lo absorban. Estas bacterias sintetizan enzimas conocidas como fosfatasas ácidas o alcalinas, que promueve la hidrólisis de los enlaces fosfato, solubilizando así el fósforo inorgánico.

Además, el consorcio microbiano también es capaz de producir fitohormonas que promueven el desarrollo de las raíces. Este biofertilizante es adecuado para su aplicación en una amplia gama de cultivos, tanto en variedades de ciclo corto como perennes, y la frecuencia de aplicación depende del régimen de fertilización específico. Es aconsejable reducir el uso de fertilizantes químicos fosforados en un 30% (Agrodiagnostic, 2023).

POTASITIC

Esta sustancia funciona como un biofertilizante que mejora la disponibilidad de potasio. Se compone de un consorcio de especies bacterianas, a saber, *Pseudomonas rugata* y *Bacillus cereus*, que tienen la capacidad de movilizar el potasio natural almacenado en el suelo, además del que se ha agotado en los fertilizantes, transformándolo posteriormente en formas accesibles a las plantas gracias a sus actividades enzimáticas especializadas (Agrodiagnostic, 2023).

TRICHOTIC

Esta formulación se deriva de *Trichoderma spp.*, un agente biológico que suprime los microorganismos patógenos. Sirve como bioestimulante para las raíces y como inductor de resistencia; su mecanismo operativo abarca los antibióticos naturales que inhiben la proliferación microbiana. Mejora la salud de las raíces, se utiliza en la propagación y fortalece las defensas de las plantas contra los patógenos. Demuestra su eficacia contra varios hongos, incluidos el *Fusarium*, la *Rhizoctonia* y otros (Agrodiagnostic, 2023).

Tabla 6
Concentración de los bioinsumos

Bioinsumo	Composición y Concentración Típica	Función Principal
Azototric	Contiene bacterias fijadoras de nitrógeno, como <i>Azotobacter spp.</i> y <i>Azospirillum spp.</i> , típicamente a 1×10^8 - 1×10^9 UFC/g o ml.	Aporta nitrógeno fijado biológicamente, mejorando la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.
Fosfotic	Formulado con bacterias solubilizadoras de fósforo, como <i>Bacillus megaterium</i> o <i>Pseudomonas fluorescens</i> , a una concentración de 1×10^8 - 1×10^9 UFC/g o ml.	Solubiliza el fósforo del suelo, aumentando su disponibilidad para las plantas.
Potasitic	Contiene bacterias solubilizadoras de potasio, como <i>Bacillus mucilaginosus</i> , en concentraciones típicas de 1×10^8 - 1×10^9 UFC/g o ml.	Facilita la disponibilidad de potasio al disolver minerales potásicos en el suelo.
Trichotic	A base de <i>Trichoderma spp.</i> (como <i>Trichoderma harzianum</i>), con una concentración de 1×10^7 - 1×10^8 UFC/g o ml.	Actúa como agente de biocontrol contra hongos patógenos y mejora la salud del suelo.

Nota. Adaptado de (Agrodiagnostic, 2023).

2.3. Marco legal

2.3.1 Constitución Política del Ecuador del año 2008

Los puntos más relevantes de la Constitución de Ecuador son los relacionados con la sostenibilidad, la producción agrícola ecológica y la protección del suelo. Aquí están los puntos clave seleccionados:

- Derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (Art. 14): Este artículo resalta el interés público en la preservación ambiental y la sostenibilidad, contexto en el que los biofertilizantes promueven la salud del suelo y de los ecosistemas agrícolas.

- Uso de tecnologías limpias y orgánicas (Art. 15 y Art. 281 - Literal 3): La promoción de tecnologías ambientales y ecológicas en la agricultura favorece el uso de biofertilizantes, que son menos contaminantes y mejoran la fertilidad del suelo de manera natural.
- Restauración de suelos y derechos de la naturaleza (Art. 72): La restauración ambiental y el uso de biofertilizantes responden a la obligación de mitigar impactos y regenerar la salud del suelo, fundamental en cultivos como el de la papa.
- Soberanía alimentaria y autosuficiencia (Art. 281): Apunta a fortalecer la producción agroalimentaria con métodos ecológicos que mejoran la seguridad alimentaria y reducen la dependencia de agroquímicos.
- Protección de la biodiversidad agrícola y prohibición de transgénicos (Art. 400 y 401): La protección de la biodiversidad y el manejo sustentable de los recursos naturales impulsan el uso de biofertilizantes como alternativas seguras y ecológicas frente a los fertilizantes químicos y semillas transgénicas.
- Conservación y restauración de suelos (Art. 409 y Art. 410): La prioridad en la conservación del suelo y el apoyo a los agricultores para adoptar prácticas sostenibles respaldan el uso de biofertilizantes microbianos para mejorar la calidad del suelo y la producción.

2.3.2 Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales

1. Función social y ambiental. La tierra rural debe contribuir al desarrollo sostenible y al mantenimiento de su fertilidad, promoviendo una producción que garantice la seguridad alimentaria y el respeto a los derechos ambientales (Art. 12). También se deben emplear prácticas productivas sustentables que mantengan la fertilidad del suelo y eviten la degradación, cumpliendo con parámetros de calidad ambiental y manejo adecuado de los recursos naturales.

2. Protección y recuperación de la fertilidad del suelo. El Estado promueve la conservación y recuperación de la capa fértil del suelo rural, lo cual se alinea con el uso de biofertilizantes que favorecen prácticas agrícolas sostenibles y el aumento de la productividad sin perjudicar la

estructura del suelo (Art. 49). También la planificación agraria debe incluir la implementación de buenas prácticas agrícolas, lo que resalta la importancia de los biofertilizantes como una estrategia ecológica para mejorar la producción de papa.

2. Parámetros de aptitud del suelo y sostenibilidad. La aptitud del suelo y su potencial productivo son determinados por factores como la fertilidad, la resiliencia y la calidad de los insumos, lo que es esencial para evaluar el impacto de biofertilizantes microbianos en el rendimiento de los cultivos.

2.3.3 Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura (Objeto, ámbito y fines)

Esta ley tiene como objetivo principal proteger y promover la agrobiodiversidad, especialmente en los recursos fitogenéticos destinados a la alimentación y agricultura. Establece el derecho a la producción, acceso, conservación e intercambio libre de semillas nativas, tradicionales y certificadas, apoyando modelos de agricultura sustentable para asegurar la autosuficiencia alimentaria y contribuir al Buen Vivir. La ley abarca a personas, comunidades y organizaciones a nivel nacional, promoviendo la investigación y producción de semillas de calidad.

Los principios de esta ley incluyen la sostenibilidad, la prevención de desabastecimientos, la solidaridad entre productores, la transparencia y el abastecimiento nacional de semillas. También se reconoce el derecho de comunidades y organizaciones a asociarse libremente para producir y comercializar semillas.

Entre los deberes del Estado se encuentran: garantizar la soberanía alimentaria, conservar la agrobiodiversidad, impulsar la agricultura sustentable y prevenir daños a los recursos naturales. Además, se promueve la formación y capacitación en estos temas en todos los niveles educativos.

La agricultura sustentable es definida como aquella que permite la producción de alimentos de forma estable, saludable y respetuosa con el medio ambiente. Esta incluye prácticas como la agroecología, la agricultura orgánica y la permacultura. El Estado fomentará estas prácticas y

apoyará a los productores mediante incentivos, políticas públicas, asistencia técnica y financiera, y priorización en compras públicas de productos sostenibles.

2.3.4 Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria

La Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria establece regulaciones para asegurar la soberanía alimentaria en Ecuador, protegiendo el derecho al buen vivir (sumak kawsay) en relación con la producción, distribución, y consumo de alimentos de forma sostenible e inclusiva. La ley se enfoca en:

- **Ámbito y Aplicación:** Regula toda la cadena agroalimentaria, desde la producción hasta el consumo, incluyendo agrobiodiversidad, sanidad, calidad, y nutrición. Aborda aspectos como participación social, ordenamiento territorial, y desarrollo rural, además de la promoción de formas de asociación para productores pequeños y medianos.
- **Deberes del Estado:** El Estado debe fomentar la producción sostenible de alimentos, promover el uso adecuado de la tierra, incentivar el consumo de alimentos saludables y de origen ecológico, y evitar el monocultivo y el uso de cultivos para biocombustibles.
- **Protección de la Agrobiodiversidad:** Se protege y fomenta la conservación de la biodiversidad agrícola, promoviendo el uso de semillas autóctonas y el conocimiento ancestral. La ley apoya la creación de bancos de semillas y ofrece incentivos financieros a quienes protejan la agrobiodiversidad.
- **Investigación y Asistencia Técnica:** El Estado debe garantizar la investigación científica en agroalimentación para mejorar la nutrición, productividad y seguridad alimentaria, respetando el conocimiento de las comunidades y evitando la apropiación indebida de sus saberes.
- **Producción Agroecológica:** Se impulsa la producción agroecológica y orgánica a través de incentivos, programas de capacitación y líneas de crédito, priorizando en compras públicas a asociaciones de pequeños productores.

- Sanidad e Inocuidad Alimentaria: La ley establece medidas para asegurar la sanidad de alimentos y prevenir enfermedades relacionadas con su consumo, promoviendo prácticas de producción y control de plagas de manera ambientalmente responsable.

2.3.5. Código orgánico de organización territorial, COOTAD.

El Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD), modificado en diciembre de 2022, promueve en su artículo 134 la producción sustentable dentro de la organización política y administrativa del Ecuador, en coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados. Este artículo establece que, junto con los gobiernos provinciales, municipales y parroquiales, se debe apoyar la producción de alimentos de origen agropecuario, pesquero y ecológico, asegurando su calidad y cantidad para satisfacer las necesidades humanas. También fomenta el acceso de la población a alimentos suficientes y saludables mediante estrategias que impulsan el consumo de productos locales y agroecológicos, además de sistemas solidarios de comercialización.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque y tipo de investigación

3.1.1 Enfoque

La presente investigación fue mixta, cuantitativa por la observación del efecto de los consorcios microbianos como alternativa de biofertilización. Además, del análisis estadístico para determinar los tratamientos más efectivos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad INIAP – CIP – Libertad. Y cualitativa por la prueba de Friedman para determinar la calidad de los tubérculos.

3.1.2 Tipo de investigación

La investigación realizada fue experimental; por ello, se hicieron pruebas en un ambiente natural bajo condiciones experimentales. En este caso, un campo de cultivo de papa. Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), donde los diferentes tratamientos con biofertilizantes fueron asignados al azar a las parcelas de cultivo. Al finalizar la investigación, se aplicó una prueba de Tukey al 5% para determinar si hubo diferencias significativas entre los tratamientos y seleccionar el mejor tratamiento en términos de rendimiento del cultivo de papa. Además, la investigación fue de campo dado que se desarrolló en campo abierto en Taya.

3.2. Definición y operacionalización de variables

3.2.1 Definición de variables

- Independiente: Se utilizó un consorcio de microorganismos benéficos (fijación de nitrógeno Asototic, solubilizadores de fosfato fosfotic, solubilizadores de potasio potasic, y *trichosermas* trichotic), y Fertilizantes Químicos (Urea, Fosfato Diamónico y Muriato de Potasio).
- Dependiente: Desarrollo morfológico y productividad del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

3.2.2 Operacionalización de variables

Tabla 7

Definición y operacionalización de variables.

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento	
Variable Independiente Biofertilización con Bacterias solubilizadoras de fósforo, Bacterias solubilizadoras de potasio, Bacterias fijadoras de nitrógeno y fertilización química con (Urea, Fosfato Diamónico y Muriato de Potasio).	<ul style="list-style-type: none"> • CONSORCIO MICROBIANO 	Aplicación de (BSF) un litro para cada etapa (siembra, retape y medio aporque) de 5cc/litro de agua.	Inoculación al suelo en drench	Equipos de fumigación	
	<ul style="list-style-type: none"> • Bacterias Solubilizadoras de Fósforo (Fosfotic) 	<i>Azotobacter vinelandii, Bacillus cereus, Bacillus licheniformis y Pseudomonas fluorescens</i>			
	<ul style="list-style-type: none"> • Bacterias Solubilizadoras de potasio (Potasitic) 	<i>Pseudomonas corrugata y Bacillus cereus</i>	Aplicación de (BSP) un litro para cada etapa en drench (siembra, retape y medio aporque) de 5cc/litro.de agua.	Inoculación al suelo en drench	Equipos de fumigación
	<ul style="list-style-type: none"> • Bacterias fijadoras de nitrógeno (Azototic) 	<i>Azotobacter vinelandii y Azotobacter chroococcum</i>	Aplicación de (BFN) un litro para cada etapa en drench (siembra, retape y medio aporque) de 5cc/litro de agua.	Inoculación al suelo en drench	Equipos de fumigación
	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilizantes químicos: (Urea, Fosfato Diamónico y Muriato de Potasio) 	Aplicación de las dosis propuestas en los tratamientos: el 100% de P ₂ O ₅ y S, y el 50% de N y K ₂ O, durante la labor de la siembra. El otro 50% de N y K ₂ O, en la labor de medio aporque. Dosis por hectárea: (100%) 100 Kg N, 100 Kg P ₂ O ₅ y 40 Kg K	Aplicación al suelo	Balanza	

	(75%) 75 Kg N, 75 Kg P ₂ O ₅ y 30 Kg K (50%) 50 Kg N, 50 Kg P ₂ O ₅ y 20 Kg K (25%) 25 Kg N, 25 Kg P ₂ O ₅ y 10 Kg K		
Variable Dependiente Desarrollo morfológico y productividad del cultivo de la papa (<i>solanum tuberosum L.</i>)	• Emergencia (%)	Observación número de plantas emergidas in situ, contando en unidades y transformado a %, 30 días después de la siembra.	Observación, conteo y registro in situ. Libro de campo, registros.
	• Altura (cm)	Plantas muestras a ser medidas el crecimiento. A los 40, 50, 60 (dds)	Observación, conteo y registro in situ. Flexómetro, cuaderno
	• Diámetro de tallo (cm)	Diámetro de tallo en cm en los diferentes tratamientos a partir de los 40 días cada 10 dds.	Observación, conteo y registro in situ. Calibrador, cuaderno
	• Número de tallos (u)	Conteo en unidad de número de tallos a los 40 dds de las 6 plantas de las parcelas netas de cada tratamiento.	Observación, conteo y registro in situ. Libro de campo, registros.
	• Número de tubérculos (U)	En la cosecha, se cuenta el número total de tubérculos por planta y por tratamiento y se lleva al registro	Observación, conteo y registro in situ. Libro de campo, registros.
	• Clasificación por calibre (1ra, 2da, 3ra, 4ta)	A los 120 días se realizó la clasificación de tubérculos por categorías (primera, segunda, tercera y cuarta)	Observación y clasificación por calibre. Cuaderno, costales
	• Peso de tubérculos (kg)	Pesaje de la producción por planta (Kg / planta/tratamiento)	Observación, pesaje y registro. Balanza, cuaderno
	• Relación de las condiciones sanitarias de los tubérculos	% de incidencia y severidad de enfermedades en tubérculo.	Observación, conteo y registro in situ. Libro de campo, registros.
	• Análisis de suelo	Se realiza el análisis completo del suelo al inicio y al final del cultivo	Análisis completo de suelo. Análisis de laboratorio.
• Análisis Económico	Se realiza el análisis económico C/B de las tecnologías evaluadas	C/B. Fórmula relación Costo/Beneficio	

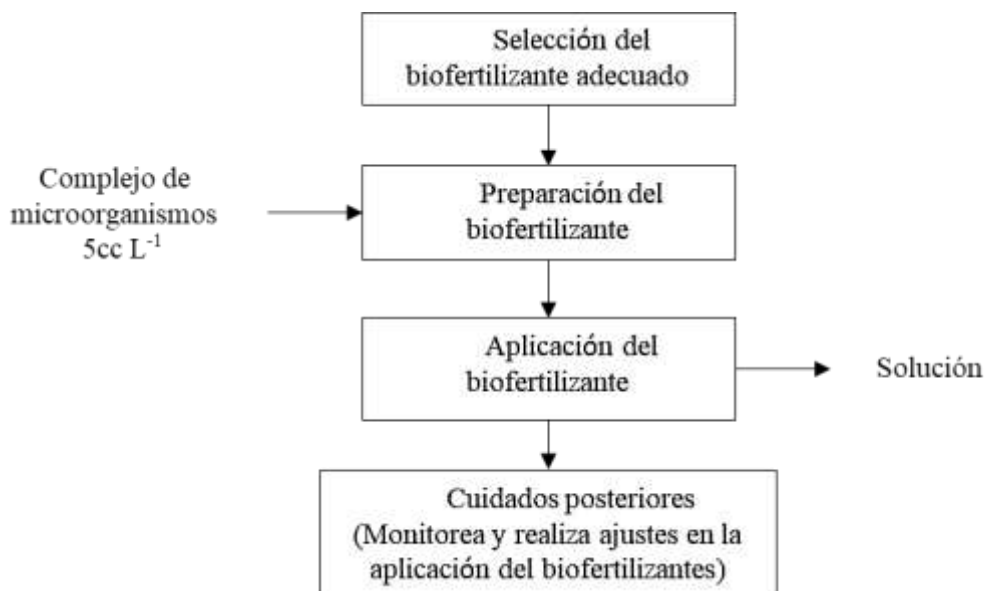
3.3. Variables de estudio

3.3.1. Independiente

- Consorcio de microorganismos benéficos (fijación de nitrógeno, solubilizadores de fosfato, solubilizadores de potasio)

Figura 3

Diagrama de procesos para la aplicación de biofertilizantes



Se procedió a inocular los microorganismos (solubilizadores de fosfato, solubilizadores de potasio y fijación de nitrógeno) al suelo mediante (drench), la primera aplicación fue efectuada al momento de la siembra directamente en el tubérculo, la segunda en el retape y la tercera al instante de la deshierba antes del primer aporte. La dosis fue la establecida por el proveedor, colocando en los respectivos tratamientos (Agrodiagnostic, 2023).

- Fertilizantes químicos (Urea, Fosfato Diamónico y Muriato de Potasio).

Se calculó la fuente de fertilizante químico N, P₂O₅ y K a utilizar en función del análisis de suelo y como se proyectó la disminución progresiva de 100% NPK, 75% NPK, 50% NPK, 25% NPK. Las aplicaciones se realizaron de acuerdo con las dosis específicas de cada fertilizante utilizado, según lo establecido para cada tratamiento (Tabla 9); en este caso Urea (46-00-00), Fosfato Diamónico (18-46-00), sulfato de amonio (21-00-00) y Muriato de Potasio (00-00-60), las aplicaciones se realizaron manualmente al fondo del surco, la dosis máxima fue la correspondiente al tratamiento T1 de 100 kg ha⁻¹ N, 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ y 40 kg ha⁻¹ K, aplicada en dos fracciones (siembra y retape). Cabe indicar que, en todos los casos en que se utilizó

fertilizante químico, se aplicaron 83.33 kg ha⁻¹ de sulfato de amonio (21N - 24S) para aportar 20 kg ha⁻¹ de azufre al suelo.

3.3.2. Dependiente

- Porcentaje de emergencia de plantas: En cada parcela se registró in situ la cantidad de plantas emergidas mediante el conteo de las plantas que surgieron de los tubérculos sembrados. Este dato de emergencia de las plantas fue expresado como un porcentaje, calculado 30 días después de la siembra.
- Número de tallos: La actividad se llevó a cabo mediante el conteo de los tallos principales 40 días después de la siembra, eligiendo las plantas correspondientes a cada tratamiento y repetición para el muestreo.
- Diámetro de tallos: Realizado a los 40 días post-siembra, se seleccionó el tallo más desarrollado de cada planta y tratamiento, marcándolo con una liga para facilitar las mediciones posteriores, las cuales se realizaron cada 10 días, desde el desarrollo hasta la floración. Se utilizó un calibre para medir el diámetro, dejando 2 cm desde la base del tallo hasta el punto de medición. Los datos, registrados en una libreta de campo en centímetros (cm), fueron posteriormente digitalizados.
- Altura de planta: Trascurrido los 40 días post-siembra, se seleccionó el tallo más desarrollado de cada planta y tratamiento, marcándolo con una liga para facilitar las mediciones subsecuentes, realizadas cada 10 días, transcurridos desde el inicio del desarrollo hasta la floración. Se utilizó un flexómetro para medir la distancia desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja. Los valores, registrados en una libreta de campo en centímetros (cm), fueron posteriormente en computador.
- Número de tubérculos: La cosecha se efectuó a los 120 días después de la siembra, registrando el número total de tubérculos por planta y tratamiento. Además, se clasificaron los tubérculos según su calibre (primera, segunda y tercera categoría), como se detalla en la Tabla 8, y los datos se ingresaron en el computador.

- Rendimiento en peso: Una vez realizado la cosecha transcurrido los 120 días posteriores a la siembra se clasificó por calibre según la escala presentada en la Tabla 8 y se expresó en gramos/planta de acuerdo a lo manifestado por (Cuesta *et al.*, 2015).

Tabla 8

Clasificación por calibre para cada categoría.

Categoría	Dimensión
Gruesa/primera	mayor a 100 g
Redroja/segunda	70 a 100 g
Redrojilla/tercera	40 a 70 g
Fina/cuarta	menor a 40 g

Nota. La tabla muestra el calibre de clasificación de los tubérculos. Tomado de Pusimacho y Velásquez (2009).

- Incidencia: La incidencia fue evaluada observando la presencia de enfermedades o lesiones en los tubérculos de cada tratamiento. Se calculó como el porcentaje de tubérculos afectados, considerando aquellos tubérculos que presentaron cualquier síntoma visible de enfermedad o daño, sin importar el grado de severidad de la afectación. Se inspeccionaron todos los tubérculos de cada tratamiento, registrando cuántos presentaban signos de afectación. Los resultados fueron comparados entre tratamientos para evaluar el impacto de los biofertilizantes en la reducción de tubérculos afectados por enfermedades o plagas.
- Severidad: Se evaluó mediante observación cualquier síntoma de enfermedad o lesión en los tubérculos, comparando los resultados entre los diferentes grupos de tratamiento para determinar si los biofertilizantes tuvieron un impacto significativo en las condiciones sanitarias y la calidad de los tubérculos. El porcentaje de superficie de piel afectada por diversos patógenos, se comparó utilizando la escala propuesta por Castillo *et al.* (2016), que clasifica desde: 0% (sin daño) 1% del área dañada; 10% del área dañada; 25% del área dañada; 50% del área dañada y >75% del área dañada.
- Análisis económico: Cada uno de los tratamientos propuestos se evaluó considerando los egresos e ingresos durante el desarrollo de la investigación, mediante un análisis costo-beneficio. Este análisis tomó en cuenta el precio del quintal (qq) de papas frescas en el mercado durante el período del año 2023. Dicho costo se representó en términos

de qq/ha. Con esta información, se calculó el costo-beneficio de cada tratamiento para determinar su viabilidad económica.

3.3.3. Adicional

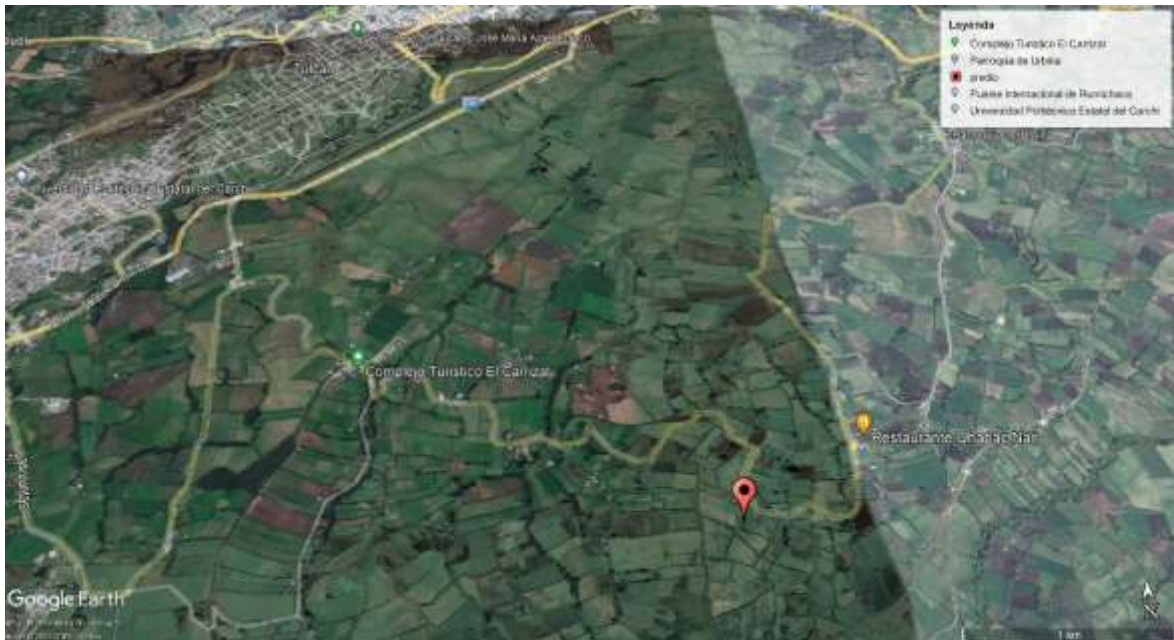
- **Análisis de suelo:** Se llevó a cabo un análisis del suelo para evaluar sus características iniciales y analizar los cambios resultantes de la aplicación de combinaciones de fertilizantes e inoculantes biofertilizantes. Se evaluaron parámetros de las variables edáficas como el pH, el contenido de materia orgánica y las concentraciones de macro y micronutrientes, entre ellos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc. Este análisis permitió observar cómo estas aplicaciones influenciaron la calidad del suelo y su fertilidad a lo largo del tiempo.

3.4. Métodos utilizados

3.4.1. Descripción del área de estudio/grupo de estudio

Figura 4

Ubicación del predio para el ensayo



La investigación se llevó a cabo en la comunidad de Taya, ubicada aproximadamente en el kilómetro 7 vía a Urbina en el Cantón Tulcán, Provincia del Carchi. Cuyas coordenadas son en X: 200151, en Y: 85973, Zona: 18N. Como se muestra en la Figura 4. Con temperatura promedio: 11°C - 12°C y precipitación anual: 500 mm, altura 3060 msnm (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Urbina, 2019)

3.4.2. Características del ensayo

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de campo abierto, en una localidad caracterizada por una temperatura ambiental promedio de 12 °C y una humedad relativa del 85%. Se optó por un diseño de bloques completos al azar (DBCA), compuesto por 7 tratamientos y 4 repeticiones cada uno (Tabla 9), lo que resultó en un total de 28 unidades experimentales. Cada unidad experimental constó de 30 plantas, tres surcos con 10 plantas por surco, la siembra se realizó con una densidad de 0,35 m entre plantas y 1,10 m entre surcos de acuerdo con lo manifestado por Cuesta *et al.* (2015). Las parcelas fueron de 4.5m x 3.33m con un área total de la parcela de 15 m² que contuvo 30 plantas.

3.4.3. Población y muestra

La población estuvo representada en 420 m² con un total de 1080 plantas. La muestra total se representa en 64,68 m² comprendiendo un total de 168 plantas para las variables de desarrollo las cuales fueron respaldadas con el efecto borde. En cuanto a las variables de producción, incidencia y severidad se evaluaron del total de la parcela experimental, dado que estas variables requieren una medición integral del rendimiento y la afectación del cultivo en su conjunto. La incidencia y severidad se midieron exclusivamente en los tubérculos, considerando cualquier tipo de daño, ya sea por plagas, enfermedades o factores fisiológicos.

3.4.4. Tratamientos

- Consorcios microbianos (CM)

Se aplicaron los productos Asototic, Fosfotic y Potasic (consorcios microbianos) en una dosis de 1 L ha⁻¹ por aplicación, con un total de 3 L ha⁻¹ en tres aplicaciones. Las aplicaciones se realizaron en conjunto durante la siembra, retape y medio aporque, utilizando una solución de 5cc por litro de agua para cada producto. Para evitar el antagonismo entre ellos, se prepararon soluciones separadas para cada producto y se aplicaron de manera independiente.

- Fertilización química (NPK)

Como fuente de fósforo y nitrógeno se utilizó DAP 18-46-00 (Fosfato Diamónico), como fuente de nitrógeno se utilizó Urea 46-00-00, como fuente de nitrógeno y azufre se utilizó sulfato de amonio (21-00-00), y como fuente de potasio se utilizó Muriato de potasio (00-00-60).

Tabla 9
Tratamientos del ensayo experimental

Tratamiento	Composición	Descripción	Dosis inoculo (L ha ⁻¹)	Frecuencia	Dosis de fertilizante (kg ha ⁻¹)	Frecuencia
T1	100 % NPK (testigo)	Testigo químico con fertilizante NPK 100% requerido	0 L ha ⁻¹	No aplica	100 Kg N, 100 Kg P2O5 y 40 Kg K	Siembra y medio aporque
T2	100% NPK + CM	Fertilizante NPK 100% requerido + Consorcios Microbianos	3 L ha ⁻¹ (1 L por aplicación)	Siembra, retape, medio aporque	100 Kg N, 100 Kg P2O5 y 40 Kg K	Siembra y medio aporque
T3	75% NPK + CM	Fertilizante NPK 75% requerido + Consorcios Microbianos	3 L ha ⁻¹ (1 L por aplicación)	Siembra, retape, medio aporque	75 Kg N, 75 Kg P2O5 y 30 Kg K	Siembra y medio aporque
T4	50% NPK + CM	Fertilizante NPK 50% requerido + Consorcios Microbianos	3 L ha ⁻¹ (1 L por aplicación)	Siembra, retape, medio aporque	50 Kg N, 50 Kg P2O5 y 20 Kg K	Siembra y medio aporque
T5	25% NPK + CM	Fertilizante NPK 25% requerido + Consorcios Microbianos	3 L ha ⁻¹ (1 L por aplicación)	Siembra, retape, medio aporque	25 Kg N, 25 Kg P2O5 y 10 Kg K	Siembra y medio aporque
T6	CM	Consorcios Microbianos	3 L ha ⁻¹ (1 L por aplicación)	Siembra, retape, medio aporque	0 kg ha ⁻¹	No aplica
T7	Sin aplicación	Testigo absoluto	0 L ha ⁻¹	No aplica	0 kg ha ⁻¹	No aplica

3.4.5. Procedimientos

a) Análisis de suelo

Se tomaron 20 submuestras distribuidas en diferentes puntos del área de cultivo, siguiendo un patrón en zigzag. Estas submuestras fueron combinadas en un solo recipiente para conformar una muestra compuesta representativa del lote, ubicado en la provincia de Carchi, cantón de Tulcán, parroquia de Urbina, y dentro de la comunidad de Taya. Estas muestras se enviaron al laboratorio para determinar los siguientes parámetros: (pH a 25°C, Materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc).

- Preparación del suelo

La preparación del terreno se llevó a cabo utilizando maquinaria agrícola, mediante labores de arado y rastra, sin aplicación de herbicidas. Posterior se emplearon Trichoderma en dosis de

200 g ha⁻¹ en una sola aplicación por su capacidad biocontroladora, la cual inhibe el crecimiento de agentes patógenos y promueve la salud del cultivo.

- Instalación del ensayo

El ensayo se implementó a campo abierto en un área total de 540 m², dividiéndose en parcelas experimentales de 4,55 m × 3,33 m, con una superficie individual de 15 m² y una densidad de 30 plantas por parcela. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, en el cual se distribuyeron siete tratamientos, incluidos consorcios microbianos y fertilización química, con cuatro repeticiones por tratamiento.

- Siembra

La siembra se realizó de manera manual mediante la apertura de surcos con azadón, utilizando un espaciamiento de 1,10 m entre surcos y 0,35 m entre plantas, conforme a lo establecido por Cuesta *et al.* (2015). Colocándose un tubérculo semilla por golpe correspondiente a la variedad INIAP–CIP–Libertad, el cual fue seleccionado en función de su calidad fisiológica y sanitaria. En esta etapa, se procedió a la primera aplicación de los consorcios microbianos correspondiente a cada tratamiento.

- Fertilización

La fertilización química se realizó de acuerdo con cada tratamiento, basado en el análisis de suelo, y se aplicó tanto en la siembra como en la labor de medio aporque, siguiendo las dosis establecidas en la Tabla 9. Estas dosis variaron según el nivel de fertilización propuesto, lo que permitió evaluar el impacto de diferentes cantidades de Nitrógeno (N), Fósforo (P₂O₅) y Potasio (K) en el desarrollo del cultivo. En la siembra, se aplicó el 100% de P₂O₅ y S, así como el 50% de N y K₂O. El restante 50% de N y K₂O se aplicó durante la labor de medio aporque, asegurando una distribución equilibrada de los nutrientes en las diferentes fases del cultivo.

Para los consorcios microbianos, se utilizó la dosis recomendada por el fabricante con el objetivo de evaluar su eficacia como alternativa en la optimización del uso de fertilizantes fosforados, como se ha manifestado en estudios previos como Mora *et al.* (2019).

Además, la aplicación de fertilizantes y consorcios microbianos se realizó en momentos estratégicos del ciclo del cultivo para maximizar la eficiencia de los nutrientes y favorecer el desarrollo radicular. El análisis de estos tratamientos permitió determinar el impacto de la

fertilización química en comparación con el uso de microorganismos como herramienta biotecnológica para mejorar la productividad agrícola de manera sostenible.

- Retape

Esta tarea se llevó a cabo 20 días después de la siembra, con el fin de aplicar los inóculos correspondientes a cada tratamiento, así como efectuar la segunda aplicación de los mismos, con el propósito de asegurar su adecuado efecto sobre el desarrollo del cultivo.

- Deshierbe

La labor manual se llevó a cabo 15 días después del retape, cuando las plantas habían alcanzado una altura de entre 10 y 15 centímetros, tal como se establece en Beltrán y Bernal (2022). Esta tarea consistió en la eliminación de la maleza utilizando una pala o azadón.

- Medio aporque.

Se realizó a los 45 días después de la siembra, consistió en aporcar las plantas, cubriendo aproximadamente 20 centímetros de suelo en los tallos para brindar un soporte adicional. En esta etapa, se realizó la tercera aplicación de los inóculos respectivos a cada tratamiento, además de aplicar el fertilizante correspondiente (Cuesta *et al.*, 2015).

- Aporque.

El aporque definitivo se llevó a cabo a los 60 días después de la siembra, conforme a la metodología establecida por Cuesta *et al.* (2015). Como parte del procedimiento experimental, se realizaron mediciones del diámetro del tallo y la altura de las plantas en los diferentes tratamientos. Estas evaluaciones se efectuaron a los 40, 50 y 60 días después de la siembra, con un intervalo de 10 días entre cada medición.

- Cosecha.

La cosecha se efectuó de forma manual aproximadamente a los 120 días después de la siembra, conforme a lo señalado por (Cuesta *et al.*, 2015), con el fin de evaluar el rendimiento y la calidad de la producción, los tubérculos fueron seleccionados de acuerdo a su clasificación en las categorías de primera, segunda, tercera y cuarta (cuchi). El rendimiento, expresado tanto en peso como en número total de tubérculos obtenidos, correspondió a la unidad experimental evaluada por tratamiento y repetición (Leal *et al.*, 2018).

3.5. Análisis estadístico

Se evaluó el efecto de los biofertilizantes con consorcios microbianos en base a la producción del cultivo de papa variedad INIAP – CIP – Libertad en tratamientos con diferentes niveles de fertilización química NPK y los consorcios microbianos.

3.5.1. ANOVA

Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) conformado por siete (7) tratamientos con cuatro (4) repeticiones, totalizando veintiocho (28) unidades experimentales, aplicándose un análisis de varianza (ANOVA) con el propósito de determinar diferencias significativas entre tratamientos en el caso de los datos paramétricos.

3.5.2. Prueba de Tukey

La prueba de Tukey se empleó para comparar las diferencias entre tratamientos después de realizar un ANOVA. Su objetivo principal fue identificar que tratamientos muestran diferencias significativas. Esta prueba se aplicó especialmente en análisis de varianza cuando hubo más de dos grupos, permitiendo determinar las diferencias específicas entre ellos. Al ser considerada una prueba equitativa, la prueba de Tukey comparó todos los posibles pares de grupos y controló el nivel de significancia en cada comparación especialmente en rendimiento. En este caso, se aplicó una prueba de Tukey al 5%.

3.5.3. Prueba de Friedman

Se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman debido a la naturaleza ordinal de los datos obtenidos, lo que impide asumir los supuestos de normalidad, una condición frecuente en mediciones subjetivas o cualitativas. Las observaciones correspondieron a estimaciones del grado de severidad en tubérculos afectados por distintos agentes patógenos y condiciones ambientales adversas. Dado que estas mediciones no constituyen una variable continua ni siguen una distribución normal, el uso de una prueba no paramétrica permite una comparación más adecuada entre tratamientos.

El análisis se realizó con el software Statistix 10, que proporcionó los estadísticos y los valores de significancia (p-valores) para determinar si las diferencias observadas eran significativas o atribuibles al azar.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Análisis de suelo

Se tomaron 20 muestras de suelo al inicio y después de la aplicación de los tratamientos en el cultivo de papa. En la Figura 5 se detallan los parámetros para la interpretación de los resultados de los análisis. En el Anexo 2 se encuentran los resultados de laboratorio inicial y por cada tratamiento. En la Tabla 10 se especifican los resultados del análisis inicial y por tratamiento para evaluar el cambio.

Figura 5

Parámetros de suelo

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>2,0	>0,30	>20,0	>0,38	>3,0	>0,66	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

Tabla 10

Resultados de análisis de suelo inicial y después de tratamientos

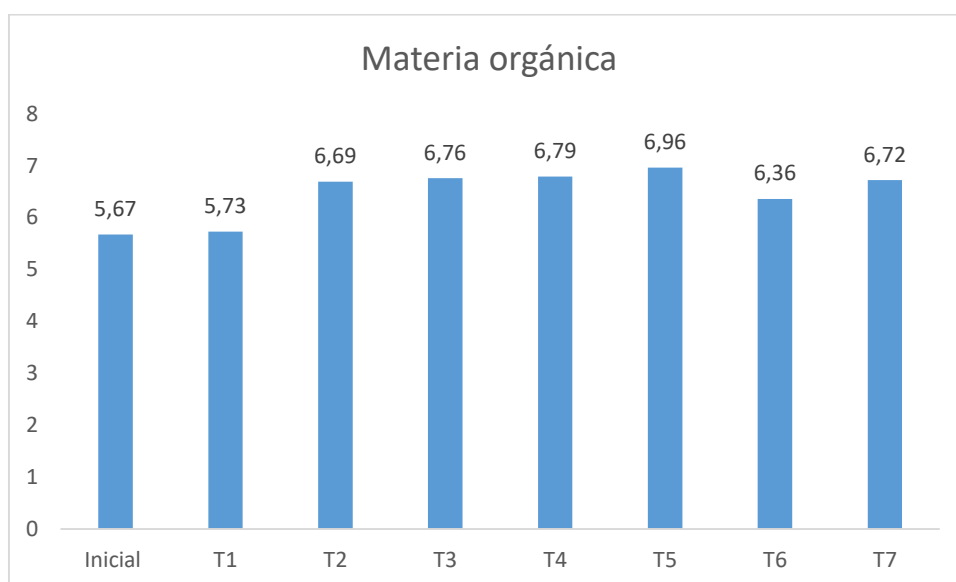
Parámetro analizado	Unidad	Resultado							
		Inicial	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
pH a 25°C	--	5,47	5,03	4,96	4,99	5,1	5,06	5,19	5,17
Materia orgánica	%	5,67	5,73	6,69	6,76	6,79	6,96	6,36	6,72
Nitrógeno	%	0,28	0,29	0,33	0,34	0,34	0,35	0,32	0,34
Fósforo	mg/kg	215,2	228,4	227,8	221,2	219,1	232,8	229,6	212,1
Potasio	cmol/kg	0,6	1,13	1,07	0,8	0,95	1,04	1,03	0,86
Calcio	cmol/kg	4,7	7,42	6,92	6,74	6,75	6,44	6,72	7,17
Magnesio	cmol/kg	0,37	1,14	0,99	0,99	1	1,05	1,01	1,09
Hierro	mg/kg	1174,1	1010,5	1032,4	937	966,4	1046,6	1028,7	1024,4
Manganeso	mg/kg	37,76	30,44	29,02	26,64	28,01	29,97	28,05	25,78
Cobre	mg/kg	4,64	5,07	5,13	4,48	4,63	4,53	4,44	5,52
Zinc	mg/kg	3,28	3,06	2,87	2,82	3,18	3,79	3,6	2,86

A continuación, se presenta un análisis de los cambios en cada parámetro del suelo antes y después de los tratamientos aplicados, en función de los niveles bajo, medio y alto:

pH a 25°C: Inicialmente, el pH del suelo se encontraba en 5,47, un valor cercano al límite superior para considerarse ácido. Después de los tratamientos, se observó una ligera disminución en la mayoría de los tratamientos, lo cual indica un suelo más ácido. Esta acidificación podría afectar la disponibilidad de algunos nutrientes, por lo que es recomendable evitar la aplicación de fertilizantes que bajen aún más el pH.

Materia Orgánica: Los valores de materia orgánica incrementaron en todos los tratamientos, manteniéndose en niveles altos (<2). El T5 fue el que obtuvo mayor aumento en la materia orgánica con 6,96 comparado con la inicial de 5,67. Esto sugiere una mejora en la estructura del suelo y en su capacidad de retención de nutrientes. Dado el nivel elevado de materia orgánica, no sería necesaria la aplicación adicional de enmiendas orgánicas en el corto plazo (Figura 6).

Figura 6
Materia orgánica en suelo inicial y por tratamiento

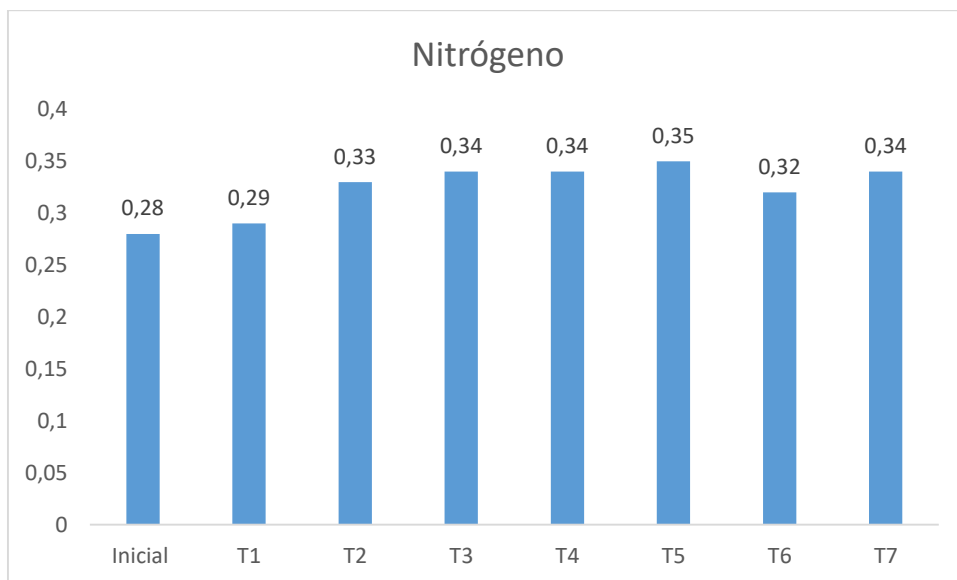


Nitrógeno: Los niveles de nitrógeno aumentaron ligeramente tras los tratamientos, alcanzando valores en el rango medio a alto (>0,30 en algunos casos). El T5 obtuvo el mayor aumento de Nitrógeno con 0,35 comparado con el 0,28 inicial. Estos niveles sugieren que el suelo cuenta

con una disponibilidad adecuada de nitrógeno para las plantas, y la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados podría ser innecesaria y potencialmente dañina (Figura 7).

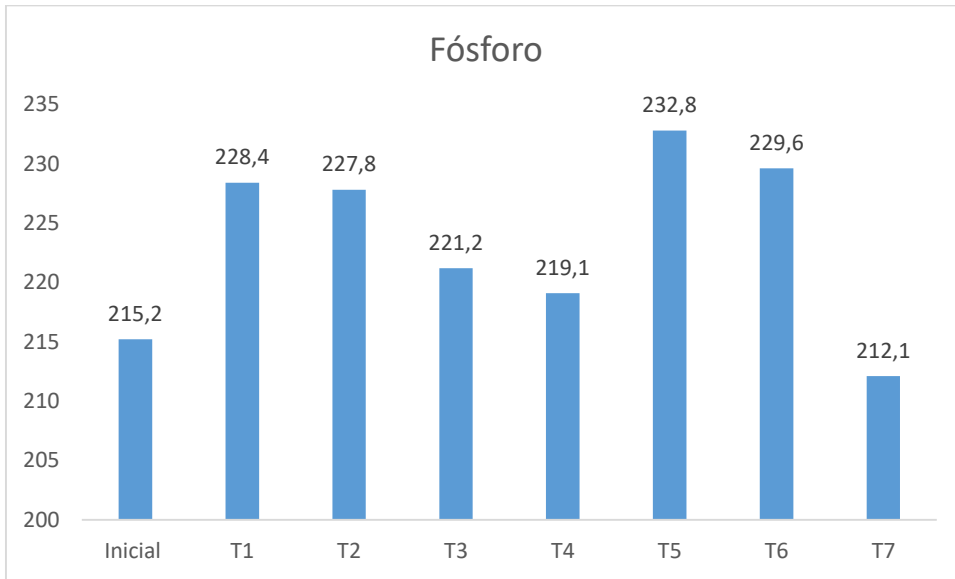
Figura 7

Nitrógeno en suelo inicial y por tratamiento



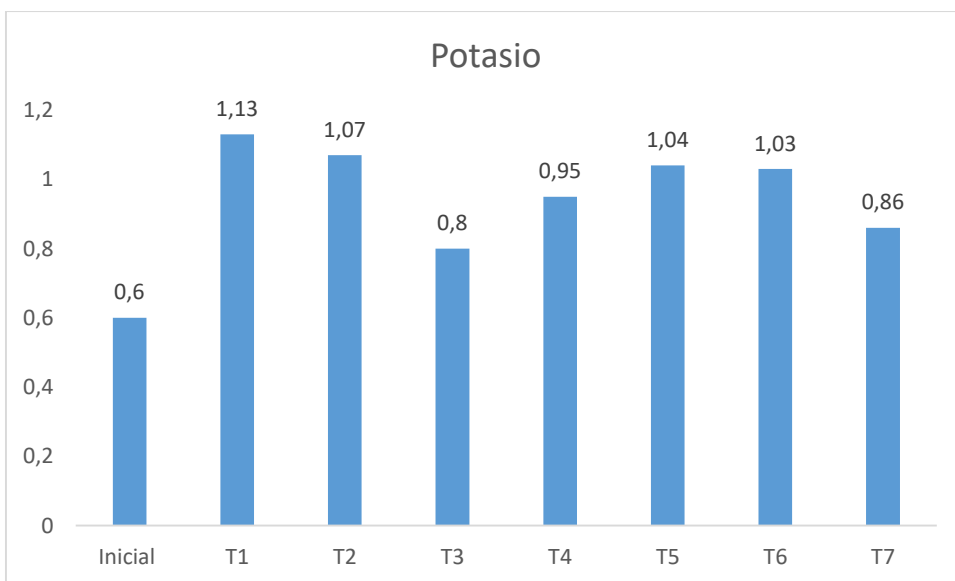
Fósforo: Los valores iniciales de fósforo eran altos (>20), y tras los tratamientos, se incrementaron ligeramente en varios casos. El T5 obtuvo el mayor aumento de Fósforo con 232,8 comparado con el 215,2 inicial. La alta concentración de fósforo en el suelo indica que no es necesario aplicar fertilizantes fosfatados, pues podrían contribuir a una acumulación perjudicial y afectar negativamente el equilibrio del suelo (Figura 8).

Figura 8
Fósforo en suelo inicial y por tratamiento



Potasio: Los niveles de potasio pasaron de ser bajos ($<0,20$) en el análisis inicial a niveles medios o altos en la mayoría de los tratamientos. El T5 presentó el mayor aumento de Potasio con 1,04 comparado con el 0,6 inicial. Esto muestra una mejora en la disponibilidad de potasio, lo cual es favorable para el desarrollo de las plantas. En consecuencia, la adición de fertilizantes de potasio no sería necesaria (Figura 9).

Figura 9
Potasio en suelo inicial y por tratamiento



Calcio: Los valores de calcio aumentaron tras los tratamientos, situándose en niveles medios y altos. Destacó el T1 con 7,42 respecto al inicial de 4,7. Esto es beneficioso para la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes. La aplicación adicional de calcio podría no ser necesaria, ya que el suelo ya cuenta con niveles adecuados.

Magnesio: Inicialmente bajo, el magnesio aumentó a valores medios y altos después de los tratamientos, indicando una buena disponibilidad de este nutriente. Destacó el T1 con 1,14 respecto a 0,37 inicial. No sería necesario aplicar más magnesio al suelo.

Hierro: Los niveles de hierro, inicialmente muy altos, disminuyeron levemente, aunque permanecen en un nivel alto (>40). El T3 fue el tratamiento que presentó mayor disminución de Hierro con 937 respecto a 1174,1 inicial. Debido a esta abundancia, la aplicación de hierro adicional no es necesaria y podría ser contraproducente.

Manganeso: El manganeso, que comenzó en niveles altos, disminuyó tras los tratamientos, pero aún se mantiene en un rango adecuado. El T7 presentó la mayor disminución con 25,78 respecto 37,76. Se sugiere no aplicar manganeso adicional, ya que los niveles actuales son suficientes para el desarrollo de las plantas.

Cobre: Los valores de cobre se mantuvieron en niveles altos, incluso aumentando ligeramente en algunos tratamientos. El T7 presentó el mayor aumento con 5,52 respecto al 4,64 inicial. Dado el contenido elevado, no se recomienda aplicar más cobre, ya que podría llegar a niveles tóxicos para las plantas.

Zinc: Los niveles de zinc, inicialmente medios, variaron entre medio y alto tras los tratamientos. El T5 presentó el mayor aumento con 3,79 respecto al 3,28 inicial. Aunque en algunos casos podría considerarse la aplicación de zinc, en general, los niveles actuales son adecuados, y la aplicación de fertilizantes con zinc no es necesaria.

Los tratamientos han incrementado o estabilizado la mayoría de los nutrientes a niveles óptimos o altos, lo cual indica que no sería necesario aplicar fertilizantes químicos adicionales para estos elementos. La aplicación de fertilizantes en exceso podría generar acumulaciones nocivas y

alterar el equilibrio del suelo, siendo la biofertilización con consorcios microbianos una alternativa positiva para la calidad del suelo.

4.1.2 Porcentaje de emergencia.

En la Tabla 11 se detalla que el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al porcentaje de emergencia de plantas no revela diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p = 0.7976$). Esta falta de significancia implica que, en el contexto de este estudio, la elección entre utilizar biofertilizantes a base de consorcios microbianos o fertilizantes químicos no tiene un efecto notable en el porcentaje de emergencia de las plantas de papa; por lo cual, los tratamientos probados no mostraron impacto significativo en el porcentaje de emergencia de plantas de papa, según los resultados del ANOVA y la prueba de Tukey.

Tabla 11
ANOVA Porcentaje de emergencia de plantas.

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	581.00	193.667		
TRAT	6	95.93	15.988	0.50	0.7976
Error	18	571.50	31.750		
Total	27	1248.43			
\bar{X}	57.357	CV	9.82		

Nota. La tabla muestra el ANOVA del porcentaje de emergencia de las plantas de papa.

4.1.3 Número de tallos.

El análisis de los datos del número de tallos a los 40 días posteriores a la siembra de papa indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos según el análisis de varianza (ANOVA). Por lo tanto, es posible que las diferencias observadas sean simplemente el resultado de la aleatoriedad inherente al proceso de crecimiento de las plantas y no se puedan atribuir con certeza a la influencia de los tratamientos. con un coeficiente de variación (CV) del 15.75%.

Tabla 12

ANOVA número de tallos a 40 días

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	0.03766	0.01255		
TRAT	6	1.11330	0.18555	0.91	0.5067
Error	18	3.65055	0.20281		
Total	27	4.80151			
\bar{X}	2.8588	CV	15.75		

Nota. La tabla muestra el ANOVA del número de tallos

4.1.4 Diámetro de tallos.

El análisis de varianza (ANOVA) del diámetro de los tallos de las plantas de papa a los 40, 50 y 60 días posteriores a la siembra no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en ninguno de los tres momentos de evaluación ($p > 0.05$). A los 40 días, el diámetro promedio fue de 0.4867 cm con una variabilidad moderada ($CV = 19.67\%$). A los 50 días, el diámetro promedio aumentó a 0.9030 cm, con una menor variabilidad ($CV = 7.65\%$), y a los 60 días alcanzó 1.1538 cm, con la menor variabilidad registrada ($CV = 5.80\%$). Estos resultados sugieren que las diferencias observadas en el crecimiento del tallo pueden atribuirse a la variabilidad natural del desarrollo de las plantas y no a los tratamientos aplicados.

Tabla 13

ANOVA diámetro de tallos a los 40, 50 y 60 días.

Días	Fuente	CM	F	P	\bar{X}	CV (%)
40	TRAT	0.01721	1.88	0.1400	0.4867	19.67
	Error	0.00916	-	-		
50	TRAT	0.00145	0.30	0.9265	0.9030	7.65
	Error	0.00477	-	-		
60	TRAT	0.00645	1.44	0.2543	1.1538	5.80
	Error	0.00448	-	-		

4.1.5 Altura de planta.

El análisis de la altura de las plantas de papa a los 40, 50 y 60 días después de la siembra, mediante un diseño de bloques completos al azar, no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en ninguna de las evaluaciones ($p > 0.05$). A los 40 días, el coeficiente de variación (CV) fue del 19.28%, indicando una variabilidad moderada, y la prueba de no aditividad de Tukey confirmó la ausencia de interacciones significativas.

A los 50 días, el tratamiento 4 (50% NPK + CM) presentó la mayor altura promedio (21.000 cm), mientras que el tratamiento 6 (CM) tuvo la menor (18.583 cm), con un CV del 10.31%. A los 60 días, el promedio general de altura fue de 32.223 cm, con un CV del 9.39%. Todas las mediciones, las variaciones observadas en la altura de las plantas parecen deberse a la variabilidad natural del crecimiento en lugar de a los efectos de los tratamientos aplicados.

Tabla 14
ANOVA altura de planta a los 40, 50 y 60 días.

Días	FV	SC	CM	F	P	\bar{X}	CV (%)
40	TRAT	12.8145	2.13576	0.51	0.7965	10.662	19.28
	Error	76.1035	4.22797	-	-		
50	TRAT	15.639	2.60642	0.61	0.7210	20.094	10.31
	Error	77.192	4.28846	-	-		
60	TRAT	37.212	6.20195	0.68	0.6696	32.223	9.39
	Error	164.745	9.15250	-	-		

4.1.6 Número de tubérculos.

4.1.6.1 Número de tubérculos categoría primera.

En la Tabla 15 se muestran los resultados de número de tubérculos categoría primera. El análisis de varianza (ANOVA) para el número de tubérculos de primera no muestra diferencias significativas entre los tratamientos, con un valor de F de 0.36 y un p-valor de 0.8927.

Tabla 15

Número de tubérculos categoría primera.

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	287.8	95.94		
TRAT	6	4019.4	669.89	0.36	0.8927
Error	18	33202.9	1844.61		
Total	27	37510.1			
\bar{X}	244.68	CV	17.55		

4.1.6.2 Número de tubérculos categoría segunda.

El análisis de los datos del número de tubérculos de categoría segunda revela que no hay diferencias significativas entre los tratamientos según el análisis de varianza (ANOVA), ya que el valor de p es mayor que 0.05 ($p = 0.7666$) (Tabla 16). Esto sugiere que, en términos de número de tubérculos de segunda, no hay evidencia suficiente para afirmar que alguno de los tratamientos sea mejor que los demás.

Tabla 16

Número de tubérculos categoría segunda.

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	19649.3	6549.75		
TRAT	6	2321.9	386.99	0.55	0.7666
Error	18	12755.5	708.64		
Total	27	34726.7			
\bar{X}	115.89	CV	22.97		

4.1.6.3 Número de tubérculos categoría tercera.

El análisis de los datos del número de tubérculos de tercera no muestra diferencias significativas entre los tratamientos según el análisis de varianza (ANOVA), ya que el valor de p es mayor que 0.05 ($p = 0.8810$) (Tabla 17). Esto indica que, en términos del número de tubérculos de tercera, no hay evidencia estadística para afirmar que algún tratamiento sea mejor que los demás.

Tabla 17

Número de tubérculos categoría tercera.

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	7071.1	2357.05		
TRAT	6	1411.9	235.31	0.38	0.8810
Error	18	11091.9	616.21		
Total	27	19574.9			
\bar{X}	86.429	CV	28.72		

4.1.6.4 Número de tubérculos total (R1+R2+R3) sin cuchi

El análisis de los datos del número total de tubérculos sin incluir la categoría cuarta muestra que no hay diferencias significativas entre los tratamientos según el análisis de varianza (ANOVA), pues el valor de p es mayor que 0.05 ($p = 0.8742$) (Tabla 18). Esto indica que, en términos del número total de tubérculos excluyendo la categoría cuarta, no hay evidencia estadística para afirmar que algún tratamiento sea mejor que los demás.

Tabla 18

Número de tubérculos total sin cuarta (cuchi).

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	25176.3	8392.10		
TRAT	6	7143.0	1190.50	0.39	0.8742
Error	18	54600.7	3033.37		
Total	27	86920.0			
\bar{X}	447.00	CV	12.32		

4.1.7 Rendimiento en peso de tubérculos.

4.1.7.1 Rendimiento total (R1+R2+R3)

El ANOVA no revela diferencias significativas entre los tratamientos, sugiriendo un impacto mínimo en el rendimiento de la papa. Sin embargo, el tratamiento T6, que consiste en la aplicación del consorcio de microorganismos (Asototic, Fosfotic y Potasic), tiene la mayor media de rendimiento con 74.940 kg como se describe en la Tabla 19.

Tabla 19
ANOVA Rendimiento total a la cosecha

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	376.79	125.597		
TRAT	6	982.16	163.694	1.88	0.1402
Error	18	1569.29	87.183		
Total	27	2928.24			
\bar{X}	66.256	CV	14.09		

La interpretación los intervalos de confianza simultáneos al 95% de la media del tratamiento en comparación con la media del control conforme la Tabla 20, muestra que los análisis de intervalos de confianza sugieren que la aplicación de los consorcios microbianos (CM) en el tratamiento T6 tiene un efecto significativo en comparación con el control en términos del rendimiento de producción de papa.

Mientras que las diferentes proporciones de fertilizante NPK con CM en los tratamientos T2, T3, T4 y T5 no muestran diferencias significativas con el control en términos de rendimiento de producción de papa. Por lo tanto, el tratamiento T6, que consiste únicamente en la aplicación de consorcios microbianos (Asototic, Fosfotic y Potasic), podría considerarse como el más efectivo en este estudio en términos del rendimiento de producción de papa.

Tabla 20
Intervalos de confianza simultáneos al 95% de la media del tratamiento - media del control del rendimiento total a la cosecha

TRAT	Media	Superior Limite	Diferencia	Inferior Limite
1	67.838	-5.949	12.735	31.419
2	70.950	-2.836	15.848	34.531
3	64.135	-9.651	9.032	27.716
4	62.650	-11.136	7.548	26.231
5	68.177	-5.609	13.075	31.759
6	74.940	1.154	19.837*	38.521
7	55.102			

Error estándar para la comparación 6.6024

Valor crítico D 2.830 Valor crítico para la comparación 18.684

Nota. La tabla muestra Intervalos de confianza simultáneos al 95% de la media del tratamiento del rendimiento total en kg en la cosecha.

4.1.7.2 Rendimiento en la calidad de primera

Para rendimiento de cosecha, en el análisis de varianza conforme Tabla 21, muestra un efecto significativo en el rendimiento de las papas de calidad de primera, con un valor de F de 4.40 y un valor p de 0.0066. Esto sugiere que al menos un tratamiento tiene un impacto significativo en el rendimiento. Por tanto, hubo que realizar la prueba de Tukey al 5% para prescribir el mejor tratamiento. Una media general de 47.090 kg y un coeficiente de variación de 9.51%.

Tabla 21

ANOVA Rendimiento en la calidad de primera.

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	21.106	7.0354		
TRAT	6	529.636	88.2726	4.40	0.0066
Error	18	361.134	20.0630		
Total	27	911.875			
\bar{X}	47.090	CV	9.51		

Según los resultados de la prueba Tukey realizada (Tabla 22), se observa que hay diferencias significativas en el rendimiento de la cosecha entre los tratamientos que utilizan diferentes combinaciones de fertilizantes y consorcios microbianos. Específicamente, los tratamientos que incorporan consorcios microbianos (CM), ya sea solos o combinados con fertilizantes NPK, muestran un rendimiento de cosecha similar y significativamente mejor en comparación con el testigo absoluto sin tratamiento.

El primer grupo comprende los tratamientos T1, T2, T5 y T6, con medias de 50.300, 52.225, 48.378 y 48.535 Kg respectivamente, y son etiquetados como el grupo A. El segundo grupo incluye los tratamientos T3 y T4, con medias de 46.858 y 45.737 Kg respectivamente, designados como el grupo AB. Por último, el tercer grupo consiste en el tratamiento T7, con una media de 37.598 Kg, identificado como el grupo B. Estos hallazgos sugieren que la aplicación de CM, ya sea sola o combinada con NPK, resulta en un rendimiento de cosecha significativamente superior en comparación con el testigo absoluto sin tratamiento.

Tabla 22

TUKEY 5% para el rendimiento de cosecha Kg categoría primera.

TRAT	Media	Tukey
2	52.225	A
1	50.300	A
6	48.535	A
5	48.378	A
3	46.858	AB
4	45.737	AB
7	37.598	B

Los intervalos de confianza simultáneos en Tabla 23, muestran que todos los tratamientos, excepto el tratamiento 7, tienen diferencias significativas en comparación con el control en términos de rendimiento en kg en la cosecha de la categoría primera. Esto sugiere que estos tratamientos tienen un efecto significativo en el rendimiento y son potencialmente más efectivos que el control.

Los tratamientos T1, T2, T3 y T6 comparten la característica de incorporar consorcios microbianos (CM) en su composición. Sin embargo, difieren en la cantidad de fertilizante NPK que utilizan. T1 (100% NPK) y T2 (100% NPK + CM): Ambos tratamientos emplean el fertilizante NPK al 100% requerido, pero el T2 añade consorcios microbianos a esta mezcla. Esto sugiere que, aunque el T2 tiene la misma cantidad de NPK que el T1, su incorporación de microorganismos podría potenciar el efecto de los nutrientes en la planta.

Por otro lado, T3 reduce el uso de fertilizantes químicos al 75% del requerido, aumentando su dependencia de los microorganismos para el rendimiento de la planta, mientras que T6 prescinde completamente del NPK, confiando únicamente en los microorganismos para mejorar el rendimiento.

Tabla 23

Intervalos de confianza simultáneos al 95% de la media del tratamiento - media del control
rendimiento de cosecha Kg categoría primera

		Superior		Inferior
TRAT	Media	Limite	Diferencia	Limite
1	50.300	3.740	12.702*	21.665
2	52.225	5.665	14.628*	23.590
3	46.858	0.297	9.260*	18.223
4 45.737	-0.823	8.140	17.103	
5 48.378	1.817	10.780*	19.743	
6 48.535	1.975	10.938*	19.900	
7 37.598				

Error estándar para la comparación 3.1673

Valor crítico D 2.830 Valor crítico para la comparación 8.9628

Nota. La tabla muestra Intervalos de confianza simultáneos al 95% de la media del tratamiento del rendimiento en kg en la cosecha de la categoría primera.

4.1.7.3 Rendimiento en las de calidad de segunda.

Los datos tomados concernientes al rendimiento en las de calidad de segunda se observó un valor de F de 1.28 y un p-valor de 0.3167 lo que indica que no existe una diferencia estadística significativa en el rendimiento entre los diferentes tratamientos. Además, el coeficiente de variación (CV) es del 19.42%, lo que sugiere una variabilidad moderada en los datos.

Esto sugiere que las variaciones en el rendimiento podrían estar influenciadas por factores distintos al tipo y la cantidad de fertilizantes utilizados. Por lo tanto, reducir el uso de fertilizantes podría ser una estrategia viable para mejorar la sostenibilidad y reducir los costos de producción, pero es importante considerar otros factores que puedan afectar el rendimiento de las papas de calidad de segunda, como las condiciones del suelo, el clima y las prácticas de cultivo.

Tabla 24.
ANOVA Rendimiento en la calidad de segunda.

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	117.863	39.2875		
TRAT	6	26.566	4.4276	1.28	0.3167
Error	18	62.445	3.4692		
Total	27	206.873			
\bar{X}	9.5893	CV	19.42		

4.1.7.4 Rendimiento en las de calidad de tercera.

El análisis de varianza (ANOVA) (Tabla 25) para el rendimiento en las papas de calidad de tercera no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, con un valor de F de 1.20 y un p-valor de 0.3489. Las medias de rendimiento para los tratamientos oscilaron entre 3.820 y 13.493, con una media general de 5.6339 y un coeficiente de variación (CV) del 112.88%. A pesar de las variaciones en las medias, la falta de significancia estadística en el análisis sugiere que estas diferencias podrían atribuirse al azar y deben interpretarse con precaución. Por lo tanto, no se puede concluir si la modificación de los tratamientos, que incluyen diferentes niveles de fertilización y adición de consorcios microbianos, tiene un efecto significativo en el rendimiento de las papas de calidad de tercera.

Tabla 25
ANOVA Rendimiento en la calidad de tercera.

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	217.54	72.5135		
TRAT	6	292.11	48.6852	1.20	0.3489
Error	18	727.97	40.4427		
Total	27	1237.62			
\bar{X}	5.6339	CV	112.88		

4.1.7.5 Rendimiento en las de calidad de cuarta - cuchi.

El análisis de varianza (ADEVA) para el rendimiento en las papas de calidad de cuarta-cuchi revela una diferencia significativa entre los tratamientos, con un valor de F de 3.75 y un p-valor de 0.0134 (Tabla 26). Esto indica que al menos un tratamiento tiene un efecto diferente en el rendimiento en comparación con los demás. Las medias de rendimiento para los tratamientos oscilan entre 2.7750 y 5.3625. Los tratamientos 5 (25% NPK + CM) y 6 (CM) muestran los

rendimientos más altos, mientras que el tratamiento 1 (100% NPK) tiene el rendimiento más bajo.

Tabla 26
ANOVA Rendimiento en la calidad de cuarta-cuchi

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	24.9550	8.31833		
TRAT	6	20.6511	3.44185	3.75	0.0134
Error	18	16.5175	0.91764		
Total	27	62.1236			
\bar{X}	3.9429	CV	24.30		

Al realizar la prueba de Tukey de la Tabla 27, se observa que los tratamientos se pueden dividir en tres grupos homogéneos en términos de rendimiento. Los tratamientos 5 y 6 pertenecen al grupo A, que tiene los rendimientos más altos y no son significativamente diferentes entre sí. El tratamiento 7 se encuentra en el grupo B, con el rendimiento más bajo y significativamente diferente de los tratamientos en el grupo A. Los tratamientos restantes (1, 2, 3 y 4) forman un grupo intermedio (AB), que no difiere significativamente entre sí, pero difiere de los tratamientos en los grupos A y B.

Tabla 27
TUKEY 5% para el rendimiento de cosecha Kg calidad de cuarta-cuchi.

TRAT	Media	Tukey
5	5.3625	A
6	5.0500	A
7	3.8375	AB
3	3.6375	AB
4	3.5125	AB
2	3.4250	AB
1	2.7750	B

4.1.7.6 Rendimiento total sin incluir la calidad cuarta - cuchi.

El análisis de varianza (ADEVA) para la producción total sin incluir la clase 4 (cuchi), considerando solo la calidad de primera, segunda y tercera, no muestra una diferencia significativa entre los tratamientos, con un valor de F de 1.79 y un p-valor de 0.1587 (Tabla

28). Esto indica que no hay suficiente evidencia para concluir que al menos un tratamiento tiene un efecto diferente en la producción total en comparación con los demás.

Tabla 28

ANOVA Rendimiento sin clase 4 (cuchi) solo R1+R2+R3

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	336.98	112.328		
TRAT	6	911.30	151.884	1.79	0.1587
Error	18	1530.69	85.038		
Total	27	2778.97			
\bar{X}	62.313	CV	14.80		

4.1.8 Presencia de enfermedades en tubérculos.

4.1.8.1 Promedio de tubérculos afectados de categoría 1

El análisis del grado de daños en los tubérculos revela que; en promedio, el porcentaje de tubérculos afectados de categoría 1 es del 3.8571%, con un coeficiente de variación (CV) del 58.75% (Tabla 29). Esto indica una alta variabilidad en los datos observados. La prueba de ANOVA no muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, dado el alto valor de p (0.8228).

Tabla 29

ANOVA Promedio de tubérculos afectados de categoría 1

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	10.571	3.52381		
TRAT	6	14.429	2.40476	0.47	0.8228
Error	18	92.429	5.13492		
Total	27	117.429			
Grand Mean	3.8571	CV	58.75		

4.1.8.2 Promedio de tubérculos afectados de categoría 2

El análisis del grado de daños en los tubérculos de papa de la categoría 2 revela que, en promedio, se observa un total de 7.7857 tubérculos por parcela (unidad experimental) del tratamiento, con un coeficiente de variación (CV) del 22.31%. La prueba de ANOVA no muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, dado que el valor de p es de 0.3025 (Tabla 30), lo que sugiere que las diferencias observadas podrían deberse al azar.

Esto sugiere que los tratamientos de fertilización y biofertilización no tuvieron un impacto significativo en la reducción de los daños en los cultivos de papa en esta categoría específica.

Tabla 30

ANOVA Promedio de tubérculos afectados de categoría 2

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	32.714	10.9048		
TRAT	6	23.714	3.9524	1.31	0.3025
Error	18	54.286	3.0159		
Total	27	110.714			
\bar{X}	7.7857	CV	22.31		

4.1.8.3 Promedio de tubérculos afectados de categoría 3

El análisis del grado de daños en los tubérculos de papa de la categoría 3 muestra resultados significativos. En promedio, se observa un total de 5.6786 tubérculos afectados por planta, con un coeficiente de variación (CV) del 80.53%. La prueba de ANOVA revela diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p = 0.0363$) (Tabla 31), lo que sugiere que al menos un tratamiento tiene un efecto significativo en el grado de daños en los tubérculos de papa de esta categoría.

El análisis de comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey indica que existen dos grupos significativamente diferentes entre los tratamientos. El primer grupo incluye los tratamientos 1, 2, 4, 5, y 6, donde los promedios de daños están entre 4.2500 y 6.0000, mientras que el segundo grupo incluye solo el tratamiento 3, con un promedio de daños de 0.0000. El tratamiento 7 se encuentra en un grupo separado con el mayor promedio de daños (12.7500), indicando un impacto significativamente mayor en comparación con los otros tratamientos.

4.1.9 Incidencia

La prueba de ANOVA para la incidencia muestra resultados significativos, lo que indica diferencias notables entre los tratamientos. El análisis revela que la fuente de variación de los tratamientos tiene un F-valor de 39.56 y un valor p de 0.0000, lo que implica que hay una diferencia significativa entre los tratamientos en términos de incidencia en el cultivo de papa. El coeficiente de variación (CV) del 18.51% sugiere una variabilidad aceptable dentro de los datos, mientras que el valor promedio general de la incidencia es de 35.107.

Tabla 31
Incidencia

FV	GD	SC	CM	F	P
BLOQ	3	19.0	6.32		
TRAT	6	10017.9	1669.65	39.56	0.0000
Error	18	759.8	42.21		
Total	27	10796.7			
\bar{X}	35.107	CV	18.51		

El análisis de comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey mostró que los tratamientos se agruparon en dos grupos homogéneos (A y B) con respecto a la incidencia. El Grupo A, que incluye los tratamientos 5, 4 y 6, presentó las incidencias más altas, con medias de 60.250, 58.500 y 49.750, respectivamente. Esto sugiere que estos tratamientos están asociados con mayores niveles de incidencia. Por otro lado, el grupo B, que incluye los tratamientos T7 (sin aplicación), T3 (75% NPK + CM), T1 (100% NPK testigo químico) y T2 (100% NPK + CM), mostró incidencias significativamente más bajas, con medias entre 27.250 y 13.250. Esto indica que el uso de la combinación de NPK y microorganismos, especialmente en proporciones superiores al 50%, reduce la incidencia de manera más efectiva.

Tabla 32
TUKEY 5% para incidencia

TRAT	Media	Tukey
5	60.250	A
4	58.500	A
6	49.750	A
7	27.250	B
3	20.750	B
1	16.000	B
2	13.250	B

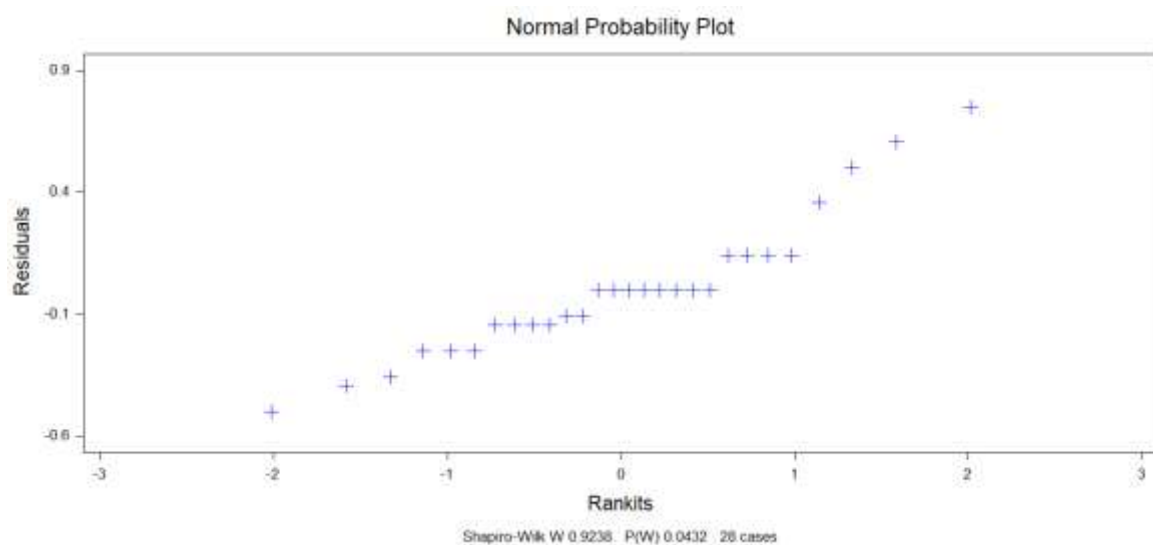
Estos resultados tienen implicaciones importantes para la gestión agronómica del cultivo de papa, destacando que las aplicaciones combinadas de fertilizantes y microorganismos pueden ser una estrategia más eficiente para controlar la incidencia de enfermedades y plagas. La

reducción en la dosis de NPK combinada con microorganismos (T3) fue particularmente efectiva, sugiriendo que el uso de microorganismos puede complementar la fertilización química, permitiendo la disminución de la cantidad de fertilizante necesario sin aumentar la incidencia de enfermedades.

4.1.10 Severidad

Figura 10

Prueba de normalidad test de Shapiro-Wilk.



En la Figura 10 se detalla que dado que el p-valor < 0.05 , se rechaza la hipótesis nula de normalidad, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula de normalidad, sugiriendo que los residuos no siguen una distribución normal. Por ello, se empleó la prueba no paramétrica de Friedman, lo que es común en mediciones subjetivas o cualitativas. Debido a que, estos datos fueron obtenidos mediante observación cualitativa y representan estimaciones ordinales del grado de severidad del grupo de tubérculos afectados, los cuales mostraron afectaciones causadas por diferentes agentes patógenos y condiciones ambientales adversas, como pudrición (*Pectobacterium carotovorum*), daño fisiológico (malformación/deformación, rajadura), picadura (*Tecia solanivora*, *Tormiea operculella*, *Premnotrypes vorax*) y lanosa (*Rosellinia sp.*). Este análisis permitió evaluar la relación entre estas condiciones sanitarias de los tubérculos y los tratamientos aplicados.

Los resultados de la prueba de Friedman revelaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, con un estadístico de Friedman corregido para empates de 21.485 y un

valor p de aproximación chi-cuadrado de 0.0015. Los tratamientos se agruparon en tres categorías distintas según los promedios de severidad.

El análisis de severidad mediante esta prueba reveló diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0.0015$). Los tratamientos se dividieron en tres grupos: Grupo A, donde los tratamientos 4 y 5 mostraron los niveles más altos de severidad con un promedio de 23.500; Grupo AB, que incluyó los tratamientos 6, 7, 1 y 3, con niveles de severidad intermedios entre 7.7500 y 19.000; y Grupo B, donde el tratamiento 2 exhibió el nivel más bajo de severidad con un promedio de 5.5000 (Tabla 33). Estos hallazgos sugieren que algunos tratamientos pueden ser más efectivos en el manejo de la severidad de la condición evaluada que otros, proporcionando información valiosa para estrategias de manejo agrícola.

Tabla 33
Severidad mediante la prueba no paramétrica de Friedman

TRAT	Media	Friedman
4	23.500	A
5	23.500	A
6	19.000	AB
7	14.500	AB
1	7.7500	AB
3	7.7500	AB
2	5.5000	B

Nota. La tabla muestra el análisis de Severidad mediante la prueba no paramétrica de Friedman para los tratamientos de tubérculos de papa. Estadístico de Friedman corregido para empates: 21.485. Valor p de aproximación chi-cuadrado: 0.0015.

4.1.11 Análisis Económico.

En la Tabla 52 se presenta un análisis económico detallado de los tratamientos evaluados. Este análisis incluye los costos de producción, calculados con base en el área experimental de 540 m² y proyectados para una hectárea (10,000 m²). Es importante destacar que los costos de mercado pueden fluctuar dependiendo del precio del quintal de papa. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2024), el precio del quintal de papa ha mostrado variabilidad en los últimos años.

Para reflejar adecuadamente este escenario, se ha elaborado una tabla que incluye los precios de venta, basados en el promedio de las categorías comerciales: primera categoría (\$22),

segunda categoría (\$14) y tercera categoría (\$5) y cuarta (3\$). Este enfoque permite evaluar con precisión la rentabilidad de cada tratamiento, considerando la posibilidad de obtener pérdidas o ganancias según las condiciones del mercado.

El costo beneficio se calculó considerando la siguiente fórmula:

$$\text{Costo - beneficio} = \frac{\text{Beneficios netos}}{\text{Costos de inversión}}$$

Como resultado el tratamiento que obtiene el mejor beneficio/costo es el T6, con un índice de 3,96. Esto significa que, por cada dólar invertido, se obtiene un beneficio de 3,96 dólares, lo que representa el mayor retorno sobre la inversión entre todos los tratamientos evaluados.

Tabla 34

Relación costo beneficio precio promedio de 14 USD el quintal (45.45 kg)

Tratamientos	Rendimiento	costo unitario	COSTO TOTAL (CT = CV+CF)	Ingreso Bruto	Ingreso Neto	Beneficio /costo
	qq/ha	\$/ha	\$	\$/ha	\$/ha	Índice \$
T1	997	5,96	5941,2506	18783,99	12842,74	2,16
T2	1043	5,87	6121,2506	19643,22	21512,32	3,51
T3	943	6,39	6026,4856	17476,30	19445,99	3,23
T4	921	6,44	5931,7206	17176,66	18995,73	3,20
T5	1002	5,83	5836,9556	18343,33	20671,69	3,54
T6	1101	5,21	5742,1906	18525,24	22722,11	3,96
T7	810	6,87	5562,1906	14632,90	16707,3	3,00

4.2 Discusión

La investigación realizada aborda la evaluación de niveles de fertilizantes químicos y un consorcio de microorganismos en el cultivo de papa, con el objetivo principal de reducir la dependencia de los fertilizantes de síntesis química.

Los tratamientos incluyeron diversas proporciones de fertilizante NPK junto con el consorcio de microorganismos (Fosfotic, Potasitic y Azototic). El análisis inicial del suelo reveló un contenido elevado de materia orgánica, así como niveles significativos de macro y micronutrientes, con valores de Materia Orgánica 5,67%, Nitrógeno 0,28%, Fosforo 215,2 mg/kg, Potasio 0,60 cmol/kg (Anexo 2 análisis suelo inicial), indicando un suelo andisol con

una alta capacidad de retención de nutrientes. Estos resultados proporcionan un contexto importante para comprender cómo los tratamientos podrían interactuar con las condiciones del suelo y afectar el rendimiento y la calidad del cultivo de papa.

Después de los tratamientos aplicados el suelo resultó más ácido, aumentó en Materia Orgánica, en Nitrógeno, en Fósforo, en Potasio, en calcio, en Magnesio, en Cobre y Zinc. Mientras en Hierro y Manganeso disminuyó (Anexo 2 análisis por tratamientos). En consecuencia, el empleo del consorcio de microorganismos equilibró o enriqueció las características del suelo; por ello, no es necesario aplicar fertilizantes de síntesis química, pues esto afectaría el desarrollo de los cultivos. Un claro ejemplo es lo establecido por Beltrán y Bernal (2022), los microorganismos fijan nitrógeno y solubilizan fósforo, esto son componentes valiosos que ayudan a mejorar la disponibilidad de nutrientes para las plantas y a reducir la dependencia de los fertilizantes químicos. Es decir, el empleo de los microorganismos fortalece el suelo preparándolo para próximos cultivos.

Para la variable porcentaje de emergencia basándose en los resultados obtenidos en el estudio, es importante destacar que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos que utilizan consorcio de microorganismos benéficos y aquellos que emplean niveles de fertilizantes químicos. Sin embargo, el tratamiento T2 mostró el mayor porcentaje de emergencia con un valor de 60.0 cm, seguido de cerca por el tratamiento T6 con un valor de 55.0 cm.

La presencia sinérgica de microorganismos con roles complementarios en la absorción de nutrientes, el biocontrol y la producción de fitohormonas dentro de los consorcios microbianos conduce a un aumento significativo en el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Reddy & Saravanan, 2013). Por otro lado, los microorganismos, además de constituirse como suplemento a la fertilización estimula el desarrollo y la activación de mecanismos de defensa de plantas (Romero *et al.*, 2022). Esto se puede corroborar debido a que la elección entre utilizar consorcios microbianos o fertilizantes químicos no tiene un impacto notable en el porcentaje de emergencia de las plantas de papa en este estudio.

Este hallazgo sugiere que, al menos en el contexto de este estudio, la elección entre utilizar consorcios microbianos o fertilizantes químicos no tuvo un impacto notable en el porcentaje de

emergencia de las plantas de papa. Aunque los consorcios microbianos pueden ofrecer beneficios en términos de salud del suelo y sustentabilidad agrícola (Reddy & Saravanan, 2013). Es crucial considerar otros factores, como la calidad del suelo, las condiciones ambientales y las prácticas de gestión agrícola, al tomar decisiones sobre la reducción del uso de fertilizantes químicos.

En la variable número de tallos, no se identificaron diferencias significativas, ya que los valores de las medias fueron similares entre los tratamientos. Esto sugiere que no hay una influencia relevante al elegir entre fertilizantes químicos y el consorcio de microorganismos. Sin embargo, es importante destacar que Nosheen *et al.* (2021) señalan que los microorganismos favorecen el desarrollo del sistema radicular y mejoran la nutrición de las plantas. Además, Beltrán & Bernal (2022) mencionan que, en la agricultura ecológica, los microorganismos que fijan nitrógeno y solubilizan fósforo son componentes valiosos que contribuyen a mejorar la disponibilidad de nutrientes para las plantas y a reducir la dependencia de fertilizantes químicos.

En la variable diámetro de tallos, a los 40, 50 y 60 días no se observaron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, en las medias a los 40 días, el tratamiento 1 mostró un diámetro superior de 0.6157 cm, mientras que, en las medias a los 50 días, el tratamiento 4 alcanzó 0.9325 cm. En el análisis a 60 días, los valores de las medias fueron similares entre los tratamientos. Como se mencionó anteriormente, aunque no haya diferencias significativas el empleo de la biofertilización con consorcios microbianos genera mayores beneficios.

Por ejemplo; Tabacchioni *et al.* (2021) establecen que los microorganismos promueven el crecimiento de las plantas y las protegen de estreses bióticos y abióticos mediante diferentes modos de acción, impulsando así su desarrollo. Por su parte, Moreno *et al.* (2018) sostiene que las interacciones de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) con el medio biótico, que incluye plantas y microorganismos, son muy complejas y utilizan diversos mecanismos de acción para fomentar el crecimiento de las plantas.

En la variable altura de planta, no se encontraron diferencias significativas a los 40, 50 y 60 días. Sin embargo, en las medias a los 40 días, el tratamiento 4 alcanzó una altura de 11.45 cm, y a los 50 días, también el tratamiento 4 llegó a 21 cm. A los 60 días, los valores de las medias fueron similares entre todos los tratamientos. Como se ha destacado, el uso de consorcios de

microorganismos solubilizadores y fijadores de nutrientes, en particular fósforo, potasio y nitrógeno, genera beneficios superiores a los de los fertilizantes químicos.

Zambrano *et al.* (2021) establecen que estos consorcios contribuyen a mejorar el sistema productivo hacia un modelo agroecológico, disminuyendo las consecuencias negativas para el suelo, como la contaminación, la acumulación de elementos como el fósforo y la acidificación del suelo. Asimismo, Tian *et al.* (2022) indican que las bacterias endófitas, además de actuar como biofertilizantes para aumentar el rendimiento de cultivos, funcionan como agentes biorremediadores para minimizar la concentración de cadmio (Cd) en los frutos, promoviendo así una producción saludable (Wichrowska & Szczepanek, 2020) también señalan que la aplicación de biofertilizantes aumenta la efectividad de los fertilizantes orgánicos, limita la necesidad de utilizar fertilizantes minerales y permite cultivar de manera respetuosa con el medio ambiente.

En la variable número de tubérculos, no se encontraron diferencias significativas entre las categorías primera, segunda, tercera y total. Sin embargo; en las medias, se destacó que, en la categoría de primera, el tratamiento 5 alcanzó un promedio de 268.75 tubérculos; en la categoría de segunda, también el tratamiento 5 llegó a 124.7; en la categoría de tercera, el tratamiento 6 presentó un promedio de 98.75; y en el total, el tratamiento 5 sumó 480.75 tubérculos. Según Beltrán y Bernal (2022), las poblaciones microbianas fomentan la estabilidad y productividad de los agroecosistemas, lo que contribuye al incremento del número de frutos. Esto sugiere que el uso de microorganismos beneficiosos podría tener un impacto positivo en la producción de tubérculos, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas en este estudio.

En el análisis del rendimiento en peso de tubérculos por planta, se encontraron diferencias significativas en el peso total, destacando el tratamiento 6 con un promedio de 74.940 kg. En la categoría de primera, se identificó una diferencia notable en el tratamiento 2, que alcanzó 52.225 kg. Sin embargo, en las categorías segunda y tercera, no se registraron diferencias significativas. En la categoría cuatro, se observó una diferencia en el tratamiento 5, con un promedio de 5.3625 kg.

En el total sin considerar la cuarta categoría, también se encontró una diferencia significativa en el tratamiento 2, que sumó 65.063 kg. Es decir, los microorganismos potencian el rendimiento del cultivo. Este resultado se corrobora con el estudio de Leal *et al.* (2018), quienes reportaron

un mayor rendimiento de tubérculos con un peso de 40 kg, siendo incluso menor al alcanzado en la presente. Asimismo, Castillo *et al.* (2016) demostraron que las bacterias fijadoras de nitrógeno, como *Azospirillum* y otros diazótrofos, tuvieron un impacto positivo en el rendimiento de calibres mayores a 6.5, incrementándolo en un 36% en comparación con el testigo.

Por otra parte, Beltrán y Bernal (2022), presentaron un rendimiento incrementado del 116%, resaltando el papel crucial que juegan las poblaciones microbianas en procesos que fomentan la estabilidad y productividad de los agroecosistemas. Tian *et al.* (2022) también identificaron un aumento en el rendimiento del crecimiento del arroz mediante el uso de biofertilizantes, lo que sugiere un potencial similar en la producción de tubérculos en este estudio.

En rendimiento de primera categoría el análisis comparativo entre los tratamientos revela que aquellos que combinan la aplicación de fertilizantes NPK con consorcios microbianos (T2, T3, T5) y aquellos que solo utilizan consorcios microbianos (T6) muestran un rendimiento significativamente superior al control, evidenciando una efectividad en la mejora del rendimiento de la cosecha de papas de calidad primera.

Sin embargo, al considerar la reducción del uso de fertilizantes, el tratamiento T6 emerge como el más destacado, ya que logra un rendimiento significativamente mejor que el control sin la necesidad de utilizar fertilizantes químicos. Esto sugiere que la biofertilización con consorcios microbianos podría ser una alternativa prometedora para una agricultura con mayor sostenibilidad ambiental y menor impacto ecológico, disminuyendo consecuentemente la dependencia de fertilizantes de síntesis y sus posibles impactos negativos en el ecosistema agrícola.

Tukey: Dado que los tratamientos con CM demuestran ser efectivos en la mejora del rendimiento de la cosecha, especialmente en comparación con el testigo absoluto (Químico) que utiliza fertilizantes NPK exclusivamente, se puede considerar que la reducción del uso de fertilizantes químicos es factible y potencialmente beneficiosa. Los resultados sugieren que la incorporación de CM podría ser una estrategia efectiva para reducir la dependencia de los fertilizantes químicos sin comprometer el rendimiento de la cosecha. Esto respalda la idea de

que la aplicación de prácticas agrícolas más sostenibles, como la biofertilización con CM, puede ser una alternativa viable para promover una agricultura más respetuosa con el medio ambiente.

Segundo rendimiento: Dado que no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre los diferentes tratamientos según el análisis de varianza, podría ser factible reducir el uso de fertilizantes en las papas de calidad de segunda. Esto sugiere que la eficacia de los tratamientos que utilizan diferentes porcentajes de NPK o la adición de consorcios microbianos puede ser similar en términos de rendimiento. Por lo tanto, reducir el uso de fertilizantes podría ser una estrategia viable para mejorar la sostenibilidad y reducir los costos de producción, siempre y cuando se mantenga el rendimiento de la cosecha. Sin embargo, es importante realizar estudios adicionales para confirmar estos hallazgos y comprender completamente el impacto de la reducción del uso de fertilizantes en la calidad y cantidad de la cosecha, así como en la salud del suelo y del medio ambiente.

Presencia de enfermedades en tubérculos. En relación a las condiciones sanitarias de los tubérculos, los resultados sugieren que la aplicación de tratamientos con una combinación específica de fertilizantes y biofertilizantes puede tener un impacto significativo en la reducción de la severidad de los daños en los tubérculos de papa. La presencia de CM puede haber contribuido a mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades y plagas, lo que resultó en una menor severidad de los daños observados.

Se identificó que en las categorías primera y segunda no hubo diferencia significativa. Sin embargo, en la categoría tercera sí se presentó diferencia en T1 con 4,25. En otras palabras hay presencia de enfermedad, pero esta es baja dadas las propiedades de los biofertilizantes y el empleo de las Trichodermas. Romero *et al.* (2022) establecen que el empleo de microorganismos además de ser un suplemento estimula el desarrollo y activación de mecanismos de defensa de las plantas. Galindo *et al.* (2018) y Tabacchioni *et al.* (2021) identificaron que al inocular las plantas con *Trichoderma harzianum* y hongos micorrízicos del género *Glomus*, incrementaba la biomasa y mejoraba la absorción de nutrientes de las mismas. El empleo de Trichodermas junto a biofertilización generan plantas con rendimiento productivo y resistencia a enfermedades.

Estos hallazgos proporcionan información valiosa sobre la efectividad de los tratamientos aplicados en relación a la severidad de las afectaciones evaluadas en los tubérculos, lo que contribuye a una mejor comprensión de las condiciones sanitarias de los cultivos y sugiere posibles estrategias de manejo para mejorar la salud y el rendimiento de los cultivos de papa.

En la variable incidencia se identificó diferencia significativa, siendo el tratamiento 2 (100% NPK + CM) el que mostró incidencias significativamente más bajas, con 13.250. Esto indica que el uso de la combinación de NPK y microorganismos, especialmente en proporciones superiores al 50%, reduce la incidencia de manera más efectiva. Por su parte, Leal *et al.* (2018) identificaron que los biofertilizantes generaron menor incidencia para *Streptomyces* y sin presencia de *Fusarium*. Por su parte, en severidad también hubo diferencia significativa, destaca el tratamiento 2 con 5.5000. Esto implica que el empleo 100% NPK disminuyen la severidad de enfermedades en los cultivos.

En el análisis económico destaca el T6, con un índice de 3,96 en costo beneficios. Esto significa que, se obtiene un beneficio de 3,96 dólares, representando el mayor retorno sobre la inversión entre todos los tratamientos evaluados. El empleo de microorganismos, biofertilización reduce los costos de producción, esto también se encontró en Zambrano *et al.*, (2021) abriendo la oportunidad de un sistema de producción agroecológica económica, generándose la oportunidad de aplicarlo por parte de los pequeños productores. Mora *et al.*, (2019) también alcanzaron resultados económicos al emplear biofertilización en el cultivo de papa pues se reduce el empleo de formulaciones netamente químicas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La aplicación de consorcios microbianos en los tratamientos evaluados mostró efectos positivos en la reducción de la severidad de enfermedades y daños en los tubérculos de la categoría 3, lo que sugiere que los biofertilizantes son una herramienta viable para mejorar la sanidad del cultivo y disminuir la dependencia de fertilizantes químicos convencionales.
- En el desarrollo del cultivo el T2 tuvo el mayor porcentaje de emergencia con 60,0; en diámetro de tallos a los 50 días el T4 obtuvo el mayor valor con 0,93 cm. En altura de planta a los 50 días el mayor fue T4 con 21cm. Cabe aclarar que no hubo diferencia significativa en ninguna de estas variables.
- En relación con el número de tubérculos, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al total ni en las categorías de primera, segunda y tercera. Sin embargo, el tratamiento T5 destacó en las categorías de mayor valor comercial, con 268.75 tubérculos en la categoría primera y 124.7 en la segunda, mientras que T6 sobresalió en la tercera categoría con 98.75 unidades. A pesar de que algunos tratamientos, como T6, incrementan el rendimiento total, también pueden generar una mayor proporción de tubérculos de baja calidad (cuarta categoría), lo que afectaría negativamente el valor comercial del cultivo. Además, se detectaron diferencias significativas en el rendimiento de tubérculos de cuarta categoría ($p = 0.0134$), siendo T5 el más alto con 5.36 kg. Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar tratamientos que favorezcan la producción de tubérculos de mayor tamaño y alto valor de mercado.
- Respecto al rendimiento en peso de tubérculos, el tratamiento T6 obtuvo el mayor rendimiento total con 74.940 kg, pero este aumento en la producción estuvo acompañado de una mayor proporción de tubérculos de baja calidad (categoría cuarta). En la categoría primera, el tratamiento T2 se destacó con 52.225 kg, mientras que, en la categoría segunda, también fue T2 el que lideró con 11.200 kg. En la categoría cuarta, el tratamiento T5 obtuvo el mayor rendimiento con 5.36 kg. Es importante señalar que no hubo diferencias significativas en el rendimiento total, pero sí en las categorías primera y cuarta. Estos hallazgos indican que ciertos tratamientos, como T2 y T5, influyen de manera relevante en el rendimiento de los tubérculos, especialmente en las

categorías de mayor valor comercial, como la primera. Además, según los resultados de la prueba de Tukey, para el rendimiento en peso de la categoría primera, los tratamientos T2 (52.225 kg), T1 (50.300 kg), T6 (48.535 kg) y T5 (48.378 kg) son estadísticamente iguales y pertenecen al grupo A. Esto sugiere que la biofertilización puede mejorar la producción, optimizando el uso de los fertilizantes químicos y contribuyendo a un enfoque más sostenible y económico en la agricultura.

- En cuanto a la incidencia, los tratamientos que combinan NPK y microorganismos, especialmente en proporciones superiores al 50%, resultaron en una reducción efectiva de la incidencia de enfermedades y plagas. En cuanto a la severidad los tratamientos T4 y T5 presentaron los niveles más altos.
- Con respecto al análisis de beneficio/costo, el tratamiento T6 alcanzó el valor más alto, mostrando una relación costo-beneficio favorable con un beneficio de 3,96 dólares. Esto sugiere que T6 no solo es efectivo para maximizar el rendimiento, sino que también es eficiente en términos económicos, alineándose con la necesidad de optimizar recursos y reducir la dependencia de fertilizantes químicos.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar investigaciones adicionales para evaluar el efecto del CM en diferentes variedades de papa y en diferentes condiciones edafoclimáticas. También se recomienda estudiar la interacción del CM con otros biofertilizantes y con prácticas de manejo del cultivo.
- Dado que los tratamientos con NPK + Consorcios Microbianos mostraron beneficios en las etapas tempranas del desarrollo del cultivo de papa, se recomienda el uso de consorcios de microorganismos que incluyan fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo y potasio. Esto podría mejorar la nutrición y el crecimiento inicial de las plantas, reforzando la salud y la productividad del cultivo, al mismo tiempo que promueve un enfoque más sostenible en la agricultura.
- Implementar el tratamiento T6 para maximizar el rendimiento total de tubérculos: Considerando los resultados favorables de T6 en términos de rendimiento total de tubérculos y su relación costo-beneficio, se recomienda que los productores de papa adopten este tratamiento para optimizar la cantidad y calidad de la cosecha, particularmente en sistemas de producción que buscan mejorar la eficiencia y reducir costos.

- Se sugiere implementar tratamientos que combinen NPK y microorganismos, para reducir de manera efectiva la incidencia de enfermedades y plagas en el cultivo de papa.
- Reducir la dependencia de fertilizantes químicos mediante el uso de biofertilizantes: La relación beneficio/costo del tratamiento T6 sugiere que la biofertilización es una alternativa viable y rentable. Por lo tanto, se recomienda a los productores transitar hacia prácticas agroecológicas, aprovechando los biofertilizantes para no solo mejorar el rendimiento y calidad del cultivo, sino también minimizar los efectos negativos en el suelo y el ambiente, promoviendo un sistema agrícola más sostenible.

VI. REFERENCIAS

- Abrahão, A., de Britto Costa, P., Teodoro, G. S., Lambers, H., Nascimento, D. L., Adrián López de Andrade, S., Ryan, M. H., & Silva Oliveira, R. (2020). Vellozioid roots allow for habitat specialization among rock- and soil-dwelling Velloziaceae in campos rupestres. *Functional Ecology*, *34*(2), 442–457. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2435.13479>
- Agrodiagnostic. (2023). *Agrodiagnostic Soluciones Biologicas Agro-Ambientale*. <https://agrodiagnostic.com.ec/nutrientes/>
- Alcalá, M. de J., Moreno, C. H., & Castoreña, M. del C. G. (2009). Mineralogía y retención de fosfatos en andisoles. *Terra Latinoamericana*, *27*(4), 275–286. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ariza, Y., & Sánchez, L. (2012). Determinación de metabolitos secundarios a partir de *Bacillus subtilis* efecto biocontrolador sobre *Fusarium* sp. *Nova*, *10*(18), 149–155. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702012000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Avila, S. M. E., Montesdeoca, F., Orellana, M., Pacheco, K., Alvarado, S., Becerra, N., Marín, C., Borie, F., Aguilera, P., & Cornejo, P. (2020). Soil Biological Properties and Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities of Representative Crops Established in the Andean Region from Ecuadorian Highlands. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *20*(4), 2156–2163. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00283-1>
- Avis, T. J., Gravel, V., Antoun, H., & Tweddell, R. J. (2008). Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. *Soil Biology and Biochemistry*, *40*(7), 1733–1740. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.02.013>
- Barea, J. M., Azcón, R., & Azcón, Aguilar, C. (2005). *Interactions between mycorrhizal fungi and bacteria to improve plant nutrient cycling and soil structure. In Microorganisms in soils: roles in genesis and functions* (Springer).
- BASF. (2023). *Plagas y enfermedades más comunes en el cultivo de papa*. <https://agriculture.basf.com/co/es/contenidos-de-agricultura/plagas-enfermedades-papa>
- Bayuelo, J. J. S., Ochoa, I., Cruz Torres, E. de la, Muraoka, T., Bayuelo Jiménez, J. S., Ochoa, I., Cruz Torres, E. de la, & Muraoka, T. (2019). Efecto del uso del suelo en las formas y disponibilidad de fósforo de un Andisol de la Meseta P'urhépecha, Michoacán. *Terra Latinoamericana*, *37*(1), 35–44. <https://doi.org/10.28940/tl.v37i1.367>
- Beltrán, M. E., & Bernal, A. A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los

- agroecosistemas. *Revista Mutis*, 12(1). <https://doi.org/10.21789/22561498.1771>
- Bhatia, S. K., Bhatia, R. K., Choi, Y. K., Kan, E., Kim, Y. G., & Yang, Y. H. (2018). Biotechnological potential of microbial consortia and future perspectives. *Critical Reviews in Biotechnology*, 38(8), 1209–1229. <https://doi.org/10.1080/07388551.2018.1471445>
- Bouzo, C. A. (2009). *El Cultivo de la Papa en Argentina* (Universida).
- Carreras, S. S., & Soria, R. O. S. (2017). *Aplicación de métodos de control fitosanitarios en plantas, suelo e instalaciones* (Ediciones).
- 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>
- Chaudhary, A., Poudyal, S., & Kaundal, A. (2024). Role of Mycorrhizal Fungi in Maintaining Sustainable Agroecosystem. *Preprints*, 1–16. <https://doi.org/10.20944/preprints202410.1820.v1>
- Chennappa, G., Sreenivasa, M., & Nagaraja, H. (2018). Azotobacter salinestrus: A Novel Pesticide-Degrading and Prominent Biocontrol PGPR Bacteria. In *Microorganisms for Green Revolution* (pp. 23–43). https://doi.org/10.1007/978-981-10-7146-1_2
- Corrales, L., Lozano, L., Gómez, M., Ramos, S., & Rodriguez. (2017). Bacillus spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *NOVA*, 15(27), 45–125.
- Cuesta, X., Oyarzun, P., Andrade, J., Kromann, P., Taipe, A., Montesdeoca, L., Montesdeoca5, F., Monteros, C., Rivadeneira, J., Carrera, E., Comina, P., & Reinoso, I. (2015). *Ficha Técnica de la variedad INIAP-CIP-Libetad*.
- Cuesta, X., Oyarzun, P., Kromann, P., Taipe, A., Monteros, J., & Andrade-Piedra, J. (2022). INIAP-CIP-Libertad variedad de bajo impacto ambiental y alta calidad INIAP-CIP-Libertad variety with low environmental impact and high quality Materiales y Métodos. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 26(1), 53–64. <https://doi.org/10.37066/ralap.v26iN1.441>
- De la Rosa, M. C., & Salazar, S. M. N. (2022). La Revolución Verde y la soberanía alimentaria como contrapropuesta. *Veredas. Revista Del Pensamiento Sociológico*, 42, 105-131.
- ESPAC. (2022). Encuesta de superficie y producción continua. *ESPAC - Instituto Nacional de Estadística y Censos*, 1–55.
- Flores-López, R., Sotelo-Ruiz, E., Rubio-Cobarrubias, O., Álvarez-Gonzalez, A., Marín-Casimiro, M., Flores-López, R., Sotelo-Ruiz, E., Rubio-Cobarrubias, O., Álvarez-

- Gonzalez, A., & Marín-Casimiro, M. (2016). Niveles de NPK para la producción de minitubérculos de papa en invernadero en el Valle de Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1131–1142. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000501131&lng=es&nrm=iso&tlng=
- Flores, P., & Leon, B. (2024). Influence of beneficial microorganisms on the agronomic behavior of potato crop cv. “Bicentenario.” *Revista de La Facultad de Agronomía, Universidad Del Zulia*, 41(1), 1–5. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v41.n1.05](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v41.n1.05)
- Franco, W., Peñafiel, M., Cerón, C., & Freire, E. (2016). Bioagro. In *Bioagro* (Vol. 28, Issue 3). Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=
- Galindo, M., Rueda, D., Romero, P., Medina, M., Bangeppagari, M., Gangireddygar, V. S. R., & Mulla, S. I. (2018). Evaluation of the interaction of arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* in the development and nutrition of potato plants (*Solanum phureja*). *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 6(3), 403-416.
- Gallegos, P., Montenegro, F., Falconí, C., & Velasteguí, R. (2011). Para el cultivo de papa. *Edifarm*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Urbina. (2019). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Urbina*. <https://urbina.gob.ec/carchi/wp-content/uploads/2021/06/PDOT-URBINA.pdf>
- Guo, Y., & Wang, J. (2021). Spatiotemporal Changes of Chemical Fertilizer Application and Its Environmental Risks in China from 2000 to 2019. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211911>
- Gutiérrez, L. M. (2015). *Carbono como indicador de degradación de la calidad del suelo bajo diferentes coberturas en el páramo de Guerrero. Facultad de Agronomía*.
- Hernández, M. J., & Rebollar, R. S. (2013). Rendimiento de papa con fuentes de fertilización mineral en un Andosol del Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. In *Revista mexicana de ciencias agrícolas* (Vol. 4, Issue 6). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000600005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Jacobsen, E., & Sherwood, S. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador: informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Centro Internacional de la Papa (CIP).: Catholic Relief Services (CRS). ISBN: 9978-2.*
- Kumar, R., Bhardwaj, A., Singh, L., & Singh, G. (2023). Quantifying ecological impacts: A comparative life cycle assessment of conventional and organic potato cultivation. *Ecological Modelling*, 486, 1105–1110. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110510>
- Leal-Almanza, J., Gutiérrez-Coronado, M. A., Castro-Espinoza, L., Lares-Villa, F., Cortes-Jiménez, J. M., Santos-Villalobos, S. de los, Leal-Almanza, J., Gutiérrez-Coronado, M. A., Castro-Espinoza, L., Lares-Villa, F., Cortes-Jiménez, J. M., & Santos-Villalobos, S. de los. (2018). Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra. *Agrociencia*, 52(8), 1149–1159. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000801149&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Leal, A. J., Gutiérrez-Coronado, M. A., Castro-Espinoza, L., Lares-Villa, F., Cortes-Jiménez, J. M., & De Los Santos-Villalobos, S. (2018). Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra. *Agrociencia*, 52 (8), 1149–1159.
- Lucano, A., Domínguez, M., & Luz, F. (2014). *Manejo Agroecológico de Cultivo de papa (Solanum Tuberosum)*. Recuperado El 10 de Enero Del 2023 de <https://Es.Slideshare.Net/Luzfernanda/Manejo-Agroecologico-de-La-Papa>.
- Malusá, E., Sas-Paszt, L., & Ciesielska, J. (2012). Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers. *Scientific World Journal*, 1–12. <https://doi.org/doi:10.1100/2012/491206>
- Márquez-Vasallo, Y., Salomón-Díaz, J. L., & Acosta-Roca, R. (2020). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 41(1).
- Méndez, M., & Viteri, S. (2007). Alternativas de biofertilización para la producción sostenible de cebolla de bulbo (*Allium cepa*) en Cucaita, Boyacá. *Agronomía Colombiana*, 25(1), 168–175. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652007000100019&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Meneses, V. A. B., Téllez, J. M., & Velasquez, D. F. A. (2015). Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13 (1).

- Monar, C., David, S., Ivan, V., & Guambugete, I. (2014). evaluación agronómica de cuatro clones promisorios y tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) con investigación participativa, en cuatro localidades de la provincia bolívar. *Revista de Investigacion Talentos*, 1(1), 10–17.
- Montesdeoca, F., Panchi, N., Navarrete, I., Pallo, E., Yumisaca, F., Taípe, A., Espinosa, S., & Andrade, J. (2013). *Guía fotográfica de las principales plagas y enfermedades del cultivo d la papa en el Ecuador*. (CIP (Centr)).
- Mora, S., Flores, S., Chulde, J., Puetate, L., & Revelo, V. (2021). Alternativas de fertilización empleando bioestimulantes y biofertilizantes para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), en Montúfar - Carchi. *SATHIRI*, 16(1), 132–143. <https://doi.org/10.32645/13906925.1045>
- Mora, S. R., Águila Alcantara, E., Revelo Ruales, V., Benavides Rosales, H., Balarezo Urresta, L., Mora Quilismal, S. R., Águila Alcantara, E., Revelo Ruales, V., Benavides Rosales, H., & Balarezo Urresta, L. (2019). Combinación de dos biofertilizantes y fertilización química en la producción de *Solanum tuberosum* cv. Superchola en Andisoles ecuatorianos. *Centro Agrícola*, 46(4), 44–52. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000400044&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Moreno, R. A., García Mendoza, V., Reyes Carrillo, J. L., Vásquez Arroyo, J., Cano Ríos, P., Moreno Reséndez, A., Carda Mendoza, V., Reyes Carrillo, J. L., Vásquez Arroyo, J., & Cano Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 68–83. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>
- Negrete, A. A. M. (2011). *Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (Solanum Tuberosum) en Pichincha-Ecuador (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2011)*.
- Nosheen, S., Ajmal, I., & Song, Y. (2021). Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su13041868>
- Nunes, P., Lacerda, G., Mascarin, G., Guimarães, R., Medeiros, F., Arthurs, S., & Bettiol, W. (2024). Microbial consortia of biological products: Do they have a future? *Biological Control*, 188, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105439>
- Perez, D. F. (2013). *Efecto del rastrojo y de diversas formas de fertilización en la agricultura convencional y de conservacion en el cultivo de maiz*.

- Pusimacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El Cultivo de la Papa en el Ecuador*. (INIAP-CIP.).
- Rai, A., Sahoo, L., Sahoo, M., Seth, T., & Patra, C. (2024). Induced Resistance Mechanism in Plant and Its Importance in Agriculture. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(5), 1–22. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i54497>
- Reddy, C. A., & Saravanan, R. S. (2013). Polymicrobial Multi-functional Approach for Enhancement of Crop Productivity. In *Advances in Applied Microbiology* (Vol. 82). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407679-2.00003-X>
- Rizvi, A., Ahmed, B., Khan, M. S., Umar, S., & Lee, J. (2021). Psychrophilic Bacterial Phosphate-Biofertilizers: A Novel Extremophile for Sustainable Crop Production under Cold Environment. *Microorganisms*, 9(12), 1–28. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9122451>
- Rodríguez, L. E. (2010). rigen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 9–17. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Romero-Salazar, N. C., Galvis-Gratz, J. M., & Moreno-López, J. P. (2022a). Hongos formadores de micorrizas aislados a partir de raíces de la orquídea *Rodriguezia granadensis* (LINDL.) RCHB. F. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 25.
- Romero-Salazar, N. C., Galvis-Gratz, J. M., & Moreno-López, J. P. (2022b). Mycorrhizal forming fungi isolated from roots of the orchid *Rodriguezia granadensis* (LINDL.) RCHB. F. | Hongos formadores de micorrizas aislados a partir de raíces de la orquídea *Rodriguezia granadensis* (LINDL.) RCHB. F. *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgacion Científica*, 25(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.2086>
- Saballos, N., Angulo, K., Amador, M., Sobalvarro, O., Villalta, E., & González, R. (2022). Mapeo de la fertilidad de los suelos en el municipio de El Rama. *Wani Revista Del Caribe Nicaragüense*, 77, 39–53. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i77.14984>
- Sauka, D. H. (2017). *Bacillus thuringiensis*: ¿nuevas aplicaciones para un viejo conocido? *Revista Argentina de Microbiología*, 49(2), 123–124. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.05.001>
- Tabacchioni, S., Passato, S., Ambrosino, P., Huang, L., Caldara, M., Cantale, C., Hett, J., Del Fiore, A., Fiore, A., Schlüter, A., Sczyrba, A., Maestri, E., Marmiroli, N., Neuhoff, D., Nesme, J., Sørensen, S. J., Aprea, G., Nobili, C., Presenti, O., ... Bevivino, A. (2021). Identification of beneficial microbial consortia and bioactive compounds with potential as

- plant biostimulants for a sustainable agriculture. *Microorganisms*, 9(2), 1–23. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9020426>
- Tapia, V. H. J. (2017). *FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 43 ENTRADAS DE PAPA CHAUCHA (Solanum tuberosum L. GRUPO PHUREJA) DE LA REGIÓN CAJAMARCA*. 141. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1673/TESIS_FENOLOGÍA_Y_CARACTERIZACIÓN_MORFOLÓGICA_DE_43_ENTRADAS_DE_PAPA_CHAUCHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tejera, H. B., Rojas, B. M. M., & Pérez, M. H. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Departamento de Microbiología y Virología, Facultad de Biología, Universidad de La Habana*, 1–9.
- Tian, W., Li, L., Xiao, X., Wu, H., Wang, Y., Hu, Z., Begum, N., Zou, Y., Lou, L., Chang, M., & Cai, Q. (2022). Identification of a plant endophytic growth-promoting bacteria capable of inhibiting cadmium uptake in rice. , 132(1). *Journal of Applied Microbiology*, 520–531. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jam.15201>
- Vassileva, M., Mendes, G., Deriu, M., Benedetto, G., Flor, E., Mocali, S., Martos, V., & Vassilev, N. (2022). Fungi, P-Solubilization, and Plant Nutrition. *Microorganisms*, 10(9), 1–14. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091716>
- Vizuete, A. N. E. (2022). *EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE FÓSFORO ASIMILABLE EN SUELO DE TIPO ANDISOL [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL]*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17613/1/236T0612.pdf>
- Wichrowska, D., & Szczepanek, M. (2020). Possibility of limiting mineral fertilization in potato cultivation by using bio-fertilizer and its influence on protein content in potato tubers. *Agriculture (Switzerland)*, 10(10), 1–16. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100442>
- Yépez, P. M. (2013). *Análisis socioeconómico comparativo de la producción de papa entre agricultores asociados e independientes en el cantón Montúfar, provincia del Carchi. Carchi: Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ciencias Administrativas y Econ.*
- Zambrano, M. J. L., Sangoquiza, Caiza, C. A., Campaña, Cruz, D. F., & Yáñez, Guzmán, C. F. (2021). Use of biofertilizers in agricultural production. Technology in Agriculture. In *Technology in Agriculture* (p. 193).
- Zhang, S., Merino, N., Okamoto, A., & Gedalanga, P. (2018). Interkingdom microbial consortia

mechanisms to guide biotechnological applications. *Microbial Biotechnology*, 11 (5), 833-847.

Zuñiga, C. S., Morales Espinoza, C., & Estrada Martínez, M. (2017). Cultivo de la papa y sus condiciones climáticas. *Gestión Ingenio y Sociedad*, 2(2), 140-152.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Narváez Moreno Favio Alirio

Fecha de recepción del abstract: Jueves, 3 de abril de 2025

Fecha de entrega del informe: Lunes, 7 de abril de 2025

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

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

Observaciones:

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

Atentamente



MA. Martha Viveros

Docente responsable del
CIDEN



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Narváez Moreno Favio Alirio				
DATE: Lunes, 7 de abril de 2025				
Topic: "Evaluación del efecto de la biofertilización con consorcios microbianos para mejorar la producción del cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L)."				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input 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 checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	

Anexo 2. Resultados de análisis de suelo

Análisis inicial

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01 Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09.003

Informe N°: LN-SFA-E23-1732
 Fecha emisión Informe: 27/06/2023

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Favio Alirio Narváez Moreno
Dirección¹: Taya km 7 - Urbina **Teléfono¹:** 0995833939
Provincia¹: Carchi **Cantón¹:** Tulcán **Correo Electrónico¹:** narvaezfavio@gmail.com
N° Orden de Trabajo: 04-2023-01
N° Factura/Documento: 005-001-8321

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Papa		
Provincia¹: Carchi	Coordenadas¹:	X: 200150
Cantón¹: Tulcán		Y: 85970
Parroquia¹: Urbina		Altitud: 3072
Muestreado por¹: ---		
Fecha de muestreo¹: 06-06-2023	Fecha de inicio de análisis: 14-06-2023	
Fecha de recepción de la muestra: 14-06-2023	Fecha de finalización de análisis: 27-06-2023	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA 23-1827	LTFN01	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,47
		Materias Orgánicas*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	5,67
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,28
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	215,2
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,60
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	4,70
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,37
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	1174,1
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	37,76
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	4,64
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,28

Analizado por: Paulina LLive, Paola Morocho, Cristina Cuichán, Katty Pastás

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-F001
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Informe revisado por: Katty Pastás
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>2,0	>0,30	>20,0	>0,38	>3,0	>0,66	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP, 2002



Quim. Katty Pastás
 Analista de Suelos, Foliar y Aguas 3
 Responsable Técnico del Laboratorio de
 Suelos, Foliar y Aguas

Tratamiento 1

 AGROCALIDAD <small>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO</small>	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS <small>Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080</small>	PGT/SFA/09-F001 Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09.003

Informe N°: LN-SFA-E24-0247
 Fecha emisión Informe: 09/02/2024

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Favio Alirio Narváez Moreno
Dirección¹: Taya km 7 Urbina
Provincia¹: Carchi **Cantón¹:** Tulcán

Teléfono¹: 0995833939
Correo Electrónico¹: narvaezfavio@gmail.com
N° Orden de Trabajo: 04-2024-02
N° Factura/Documento: 005-001-9356

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Papa			
Provincia¹: Carchi		X: ---	
Cantón¹: Tulcán		Y: ---	
Parroquia¹: Urbina		Altitud: ----	
Muestreado por²: Favio Narváez			
Fecha de muestreo¹: 22-01-2024		Fecha de inicio de análisis: 29-01-2024	
Fecha de recepción de la muestra: 29-01-2024		Fecha de finalización de análisis: 09-02-2024	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA 24-0227	FNT 1	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,03
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	5,73
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,29
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	228,4
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,13
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	7,42
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,14
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	1010,5
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	30,44
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	5,07
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,06

Analizado por: Edison Vega, Paola Morocho, Katty Pastás, Cristina Cuichán, Paulina Lliva.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Informe revisado por: Cristina Cuichán
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>2,0	>0,30	>20,0	>0,38	>3,0	>0,66	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP. 2002



CRISTINA ALEXANDRA
CUICHÁN SUAREZ

Quim. Alim Cristina Cuichán
 Analista de Suelos, Foliare y Aguas 3
 Responsable Técnico de Laboratorio
 Suelos, Foliare y Aguas

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Informe revisado por: Cristina Cuichán
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>2,0	>0,30	>20,0	>0,38	>3,0	>0,66	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP. 2002



Quim. Alim Cristina Cuichán
 Analista de Suelos, Foliar y Aguas 3
 Responsable Técnico de Laboratorio
 Suelos, Foliar y Aguas

Tratamiento 3

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09.003

Informe N°: LN-SFA-E24-0250
 Fecha emisión Informe: 09/02/2024

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Favio Alirio Narváez Moreno
Dirección¹: Taya km 7 Urbina
Provincia¹: Carchi **Cantón¹:** Tulcán
Teléfono¹: 0995833939
Correo Electrónico¹: narvaezfavio@gmail.com
N° Orden de Trabajo: 04-2024-02
N° Factura/Documento: 005-001-9356

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco		
Cultivo¹: Papa			
Provincia¹: Carchi	Coordenadas¹:	X: ---	
Cantón¹: Tulcán		Y: ---	
Parroquia¹: Urbina		Altitud: ----	
Muestreado por¹: Favio Narváez			
Fecha de muestreo¹: 22-01-2024		Fecha de inicio de análisis: 29-01-2024	
Fecha de recepción de la muestra: 29-01-2024		Fecha de finalización de análisis: 09-02-2024	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA 24-0230	FNT 4	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,10
		Materia Orgánica *	Volumétrico PEE/SFA/09	%	6,79
		Nitrógeno *	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,34
		Fósforo *	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	219,1
		Potasio *	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,95
		Calcio *	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	6,75
		Magnesio *	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,00
		Hierro *	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	966,4
		Manganeso *	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	28,01
		Cobre *	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	4,63
		Zinc *	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,18

Analizado por: Edison Vega, Paola Morocho, Katty Pastás, Cristina Cuichán, Paulina Llive.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Informe revisado por: Cristina Cuichán
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	> 2,0	> 0,30	> 20,0	> 0,38	> 3,0	> 0,66	> 40,0	> 15,0	> 4,0	> 7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP, 2002



CRISTINA ALEXANDRA
CUICHÁN GUAMOLUTZA

Quim. Alim Cristina Cuichán
 Analista de Suelos, Foliar y Aguas 3
 Responsable Técnico de Laboratorio
 Suelos, Foliar y Aguas

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Informe revisado por: Cristina Cuichán
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>2,0	>0,30	>20,0	>0,38	>3,0	>0,66	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP, 2002.



CRISTINA ALEXANDRA
CUICHÁN SUAREZ

Quim. Alim Cristina Cuichán
 Analista de Suelos, Foliar y Aguas 3
 Responsable Técnico de Laboratorio
 Suelos, Foliar y Aguas

Tratamiento 5

 AGROCALIDAD <small>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO</small>	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-F001 Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09.003

Informe N°: LN-SFA-E24-0251
Fecha emisión Informe: 09/02/2024

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Favio Alirio Narváez Moreno
Dirección¹: Taya km 7 Urbina **Teléfono¹:** 0995833939
Correo Electrónico¹: narvaezfavio@gmail.com
Provincia¹: Carchi **Cantón¹:** Tulcán **N° Orden de Trabajo:** 04-2024-02
N° Factura/Documento: 005-001-9356

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Papa			
Provincia¹: Carchi		Coordenadas¹: X: ---	
Cantón¹: Tulcán		Y: ---	
Parroquia¹: Urbina		Altitud: ----	
Muestreo por¹: Favio Narváez			
Fecha de muestreo¹: 22-01-2024		Fecha de inicio de análisis: 29-01-2024	
Fecha de recepción de la muestra: 29-01-2024		Fecha de finalización de análisis: 09-02-2024	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA 24 0231	FNT 5	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,06
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	6,96
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,35
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	232,8
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,04
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	6,44
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,05
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	1046,6
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	29,97
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	4,53
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,79

Analizado por: Edison Vega, Paola Morocho, Katty Pastás, Cristina Cuichán, Paulina Llive.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Informe revisado por: Cristina Cuichán
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>2,0	>0,30	>20,0	>0,38	>3,0	>0,66	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP, 2002



CRISTINA ALEXANDRA
CUICHAN GUARACOTZA

Quim. Alim Cristina Cuichán
 Analista de Suelos, Foliare y Aguas 3
 Responsable Técnico de Laboratorio
 Suelos, Foliare y Aguas

Tratamiento 6

 AGROCALIDAD <small>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO</small>	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01 Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09.003

Informe N°: LN-SFA-E24-0252
Fecha emisión Informe: 09/02/2024

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Favio Alirio Narváez Moreno
Dirección¹: Taya km 7 Urbina **Teléfono¹:** 0995833939
Correo Electrónico¹: narvaezfavio@gmail.com
Provincia¹: Carchi **N° Orden de Trabajo:** 04-2024-02
N° Factura/Documento: 005-001-9356

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Papa			
Provincia¹: Carchi		Coordenadas¹:	X: ---
Cantón¹: Tulcán			Y: ---
Parroquia¹: Urbina		Altitud: ----	
Muestreado por¹: Favio Narváez			
Fecha de muestreo¹: 22-01-2024		Fecha de inicio de análisis: 29-01-2024	
Fecha de recepción de la muestra: 29-01-2024		Fecha de finalización de análisis: 09-02-2024	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA 24-0232	FNT 6	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,19
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	6,36
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,32
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	229,6
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,03
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	6,72
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,01
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	1028,7
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	28,05
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	4,44
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,60

Analizado por: Edison Vega, Paola Morocho, Katty Pastás, Cristina Cuichán, Paulina Live.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-F001
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Informe revisado por: Cristina Cuichán
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	< 1,0	< 0,15	< 10,0	< 0,20	< 1,0	< 0,33	< 20,0	< 5,0	< 1,0	< 3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	> 2,0	> 0,30	> 20,0	> 0,38	> 3,0	> 0,66	> 40,0	> 15,0	> 4,0	> 7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP. 2002



Quim. ALEXANDRA
CUICHÁN GUAMODUISA

Quim. Alim Cristina Cuichán
 Analista de Suelos, Foliare y Aguas 3
 Responsable Técnico de Laboratorio
 Suelos, Foliare y Aguas

Tratamiento 7

 AGROCALIDAD <small>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO</small>	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	Rev. 5	
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09.003

Informe N°: LN-SFA-E24-0253
Fecha emisión Informe: 09/02/2024

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Favio Alirio Narváez Moreno
Dirección¹: Taya km 7 Urbina **Teléfono¹:** 0995833939
Correo Electrónico¹: narvaezfavio@gmail.com
Provincia¹: Carchi **N° Orden de Trabajo:** 04-2024-02
N° Factura/Documento: 005-001-9356

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Papa			
Provincia¹: Carchi		Coordenadas¹:	X: ---
Cantón¹: Tulcán			Y: ---
Parroquia¹: Urbina			Altitud: ----
Muestreado por¹: Favio Narváez			
Fecha de muestreo¹: 22-01-2024		Fecha de inicio de análisis: 29-01-2024	
Fecha de recepción de la muestra: 29-01-2024		Fecha de finalización de análisis: 09-02-2024	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACION DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-24-0233	FNT 7	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,17
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	6,72
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,34
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	212,1
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,86
		Cálcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	7,17
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,09
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	1024,4
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	25,78
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	5,52
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	2,86

Analizado por: Edison Vega, Paola Morocho, Katty Pastás, Cristina Cuichán, Paulina Llive.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-F001
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Informe revisado por: Cristina Cuichán
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>2,0	>0,30	>20,0	>0,38	>3,0	>0,66	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP, 2002



CRISTINA ALEXANDRA
CUICHÁN GUARACUTIA

Quim. Alim Cristina Cuichán
 Analista de Suelos, Foliare y Aguas 3
 Responsable Técnico de Laboratorio
 Suelos, Foliare y Aguas

Anexo 3. Costos

Total costos por tratamiento		
Tratamiento	Composición	COSTO TOTAL (CT = CV + CF)
T1	100 % NPK (testigo)	5941,25
T2	100% NPK + CM	6121,25
T3	75% NPK + CM	6026,49
T4	50% NPK + CM	5931,72
T5	25% NPK + CM	5836,96
T6	CM	5742,19
T7	Sin aplicación	5562,19

Presupuesto de producción de papa						
Ubicación:	Latitud: 0.776932°, Longitud: -77.693923		Taya	Responsable	Favio Narváez	
Altitud:	3060	metros		Superficie:	1.00	ha
Cultivo:	Papa			Variedad:	INIAP-CIP-LIBERTAD	
Ciclo del cultivo:	4	meses		Ciclo de producción:	6	meses
COSTOS VARIABLES	Nombre del Insumo, Producto, Material, Equipo o Servicio		Unidad	Cantidad	Precio Unit \$	Subtotal \$
Preparación del suelo						278,53
Análisis suelo	laboratorio	muestra		1	23,53	23,53
Arada	tractor	hora		3	15,00	45,00
Rastrada (2 pases)	tractor	hora		4	15,00	60,00
Surcada	mano de obra	jornal		10	15,00	150,00
Siembra						1020,00
Semilla	Semilla de calidad (seleccionada)	saco		35	20,00	700,00
	mano de obra	jornal		20	15,00	300,00
Transporte insumos	vehículo	flete		1	20,00	20,00
Labores culturales de manejo del cultivo						1008,55
Rascadillo (retape)	mano de obra	jornal		10	15,00	150,00
Medio aporque (deshierba)	mano de obra	jornal		15	15,00	225,00
Aporque completo	mano de obra	jornal		10	15,00	150,00
Control fitosanitario	triflumuron	l		0,6	25,00	15,00
	profenofos	l		0,8	24,00	19,20
	acefato	kg		3,5	14,00	49,00
	Propamocarb	l		0,6	12,00	7,20
	propineb	kg		2	5,00	10
	dimetomorph	g		120	0,12	14,4
	foliares	kg		10	5	50
	Trichoderma	g		100	0,188	18,75
	mano de obra	jornal		14	15	210
Corte de follaje	mano de obra	jornal		6	15	90
Cosecha, poscosecha y venta						1857,60
Cosecha, selección y envasado	mano de obra	jornal		70	15	1050
	envases	sacos		997	0,3	299,1
Selección, pesado y envasado	hilo (fibra)	rollo		2	5	10
Transporte a mercado	camión, estibaje	sacos		997	0,5	498,5
fertilización Química						379,06
	Muriato de potasio (00-00-60)	saco		1,33	33	43,89
	Fosfato Diamónico DAP (18-46-00)	saco		4,38	44	192,72
	Urea (46-00-00)	saco		2,65	38	100,7
	Sulfato de amonio	saco		1,67	25	41,75
Fertilización alternativa						180,00
	Fosfotic	l		3	20	60
	Azototic	l		3	20	60
	Potasitic	l		3	20	60
Total Costos Variables (TCV)						4723,74
COSTOS FIJOS						
Nombre				Valor	Precio Unit. \$/ciclo	Total \$/lote
Administración (% TCV)				10%		472,374
Uso de suelo (\$/ciclo)					400	400
Interés de Capital (%TCV)				6%		283,4244
Uso equipos y herramientas (4/ciclo)					100	100
Imprevistos (% TCV)				3%		141,7122
Total Costos Fijos (TCF)						1397,51
COSTO TOTAL (CT = CV + CF)						6121,25

Anexo 4. Manuales de consorcio de microorganismos



AZOTOTIC

Azotobacter spp.



- Biofertilizante fijador biológico de nitrógeno.
- Productor de sustancias de crecimiento vegetal.



Alta BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



Azotobacter spp. bacteria utilizada como biofertilizante por su capacidad de fijar Nitrógeno atmosférico y convertirlo en amonio asimilable por la planta por medio de la enzima nitrogenasa. Es una bacteria de vida libre asociada con la zona radicular de la planta, es considerada una bacteria promotora de crecimiento vegetal por su capacidad de producir fitohormonas. El uso frecuente de esta bacteria trae grandes beneficios al cultivo entre estos, acortamiento del período de semillero, aceleración de la floración y fructificación, acortamiento del ciclo total de cultivo, frutos y bulbos con mayor peso y diámetro, incremento de los rendimientos, generan enzimas y otros factores que favorecen la solubilización de fosfatos y oligoelementos, favoreciendo la asimilación por la planta. Además es capaz de sustituir al fertilizante sintético en un 30% cuando su uso es frecuente.

CONCENTRACIÓN

Unidades formadoras de colonia por mL	5×10^8
---------------------------------------	-----------------

INSTRUCCIONES DE USO

Aplicar en todos los cultivos para fertilización nitrogenada, fortalecimiento de raíces, crecimiento vegetal en general. Se recomienda reducir la aplicación de fertilizantes sintéticos progresivamente hasta en un 30%.

Mezclar con agua, aplicar vía drench al suelo o por goteo.

Se recomienda NO mezclar con plaguicidas.

DOSIS

Ciclo	Hectáreas	Litro de agua	Recomendaciones
Corto	1 Litro	0.5 cc	Aplicar mínimo 3 veces en el ciclo, dependiendo las necesidades de nitrógeno del mismo.
Largo	1 Litro	0.5 cc	Aplicar en el cultivo 1 vez al mes.

PRECAUCIONES

Se debe tener la precaución de aplicarlo antes de las 10 de la mañana o pasado las 4 de la tarde debido a que los rayos ultravioleta del sol pueden causar pérdida de la población del microorganismo. Se debe almacenar en un lugar fresco y seco de preferencia en refrigeración, evitar los rayos del sol. Se debe tener la precaución de aplicar el producto con equipo de protección. El producto tiene un tiempo de vida útil de seis meses después de su fecha de elaboración.



AGRODIAGNOSTIC
SOLUCIONES BIOLÓGICAS AGRO-AMBIENTALES

FOSFOTIC



• Biofertilizante solubilizador de fósforo edáfico.



ALTA
BIODISPONIBILIDAD
DE NUTRIENTES



Consortio de bacterias con capacidad enzimática de solubilizar fósforo y hacerlo disponible para la planta. Poseen enzimas llamadas fosfatasa que catalizan las reacciones hidrolizando los enlaces orgánicos fosfatados liberando aniones fosfato y solubilizando el fósforo inorgánico a través de la producción de ácidos orgánicos liberando fosfatos.

Además el consorcio bacteriano produce sustancias de crecimiento vegetal como auxinas que inducen la producción de raíces y pelos absorbentes, giberelinas que promueven el alargamiento de raíces y citoquininas que retardan el envejecimiento radicular.

CONCENTRACIÓN

Unidades formadoras de colonia por mL.	5x10 ⁸
--	-------------------

INSTRUCCIONES DE USO

Aplicar en todos los cultivos para solubilización de fosforo. Mezclar con agua, aplicar al suelo vía drench o por goteo. Se lo puede usar en agricultura orgánica o convencional.

Se recomienda no mezclar con plaguicidas.

DOSIS

Ciclo	Hectáreas	Litro de agua	Seco de 50 Kg de semilla
Corto	1 Litro	0.5 cc	Aplicar mínimo 3 veces en el ciclo
Largo	1 Litro	0.5 cc	Aplicar al cultivo 1 vez al mes, según las necesidades de fósforo del cultivo y según el bloqueo de fósforo que tenga el suelo.

PRECAUCIONES

Se debe tener la precaución de aplicarlo antes de las 10 de la mañana o pasado las 4 de la tarde debido a que los rayos ultravioleta del sol pueden causar pérdida de la población del microorganismo. Se debe almacenar en un lugar fresco y seco de preferencia en refrigeración, evitar los rayos del sol. Se debe tener la precaución de aplicar el producto con equipo de protección. El producto tiene un tiempo de vida útil de seis meses después de su fecha de elaboración.



AGRODIAGNOSTIC
SOLUCIONES BIOLÓGICAS AGRO-AMBIENTALES

POTASITIC



• Biofertilizante movilizador de potasio edáfico.



UNA BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



Contiene bacterias movilizadoras de Potasio edáfico. Las bacterias movilizadoras de Potasio, toman el potasio natural y el retenido en el suelo o aquel que se ha perdido de los fertilizantes y lo transforman convirtiéndolo en disponible para las plantas, este mecanismo lo realizan por la presencia de enzimas especializadas.

CONCENTRACIÓN

Unidades formadoras de colonia por mL	5×10^9
---------------------------------------	-----------------

INSTRUCCIONES DE USO

Aplicar en todos los cultivos para solubilización de potasio. Mezclar con agua, aplicar al suelo vía drench o por goteo. Se lo puede usar en agricultura orgánica o convencional.

Se recomienda NO mezclar con plaguicidas.

DOSIS

Ciclo	Hectáreas	Litro de agua	Seco de 50 Kg de semilla
Corto	1 Litro	0.5 cc	Aplicar mínimo 3 veces en el ciclo, dependiendo las necesidades de potasio del mismo.
Largo	1 Litro	0.5 cc	Aplicar en el cultivo 1 vez el mes.

PRECAUCIONES

Se debe tener la precaución de aplicarlo antes de las 10 de la mañana o pasado las 4 de la tarde debido a que los rayos ultravioleta del sol pueden causar pérdida de la población del microorganismo. Se debe almacenar en un lugar fresco y seco de preferencia en refrigeración, evitar los rayos del sol. Se debe tener la precaución de aplicar el producto con equipo de protección. El producto tiene un tiempo e vida útil de seis meses después de su fecha de elaboración.



AGRODIAGNOSTIC
SOLUCIONES BIOLÓGICAS AGRO-AMBIENTALES



TRICHOTIC

Trichoderma spp.



Salud del CULTIVO



- Bioregulador antagonista de microorganismos fitopatógenos.
- Bioestimulante radicular.
- Inductor de resistencia.

Trichoderma spp. Hongo utilizado como controlador biológico por su poder antagonista frente a un número de microorganismos fitopatógenos, su principal mecanismo de acción es la producción de sustancias que inhiben el crecimiento microbiano (antibióticos naturales), trae beneficios a la planta especialmente a la zona radicular razón por la cual puede ser usado como enraizante e induce la resistencia a patógenos en las plantas a las que coloniza. Puede ser usado en semillas para evitar el desarrollo de microorganismos fitopatógenos. Actúa contra un grupo importante de hongos fitopatógenos presentes en el suelo y aire. Es usado contra afecciones causadas por *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, y patógenos formadores de esclerocios como *Sclerotinia* y *Sclerotium*. Además controla enfermedades causadas por: *Armillaria spp.*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Cylindrocladium scoparium*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium oxysporum*, *Macrophomina phaseolina*, *Phytophthora infestans*, *Phytophthora spp.*, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia solanii*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rosellinia bunodes*, *Rosellinia necatrix*, *Verticillium spp.*

PRECAUCIONES

Se debe tener la precaución de aplicarlo antes de las 10 de la mañana o pasado las 4 de la tarde debido a que los rayos ultravioleta del sol pueden causar pérdida de la población del microorganismo. Se debe almacenar en un lugar fresco y seco de preferencia en refrigeración, evitar los rayos del sol. Se debe tener la precaución de aplicar el producto con equipo de protección. El producto tiene un tiempo de vida útil de seis meses después de su fecha de elaboración.

CONCENTRACIÓN

Esporas viables por gramo.	5 x 10 ⁹ /gramo
Este producto contiene especies del hongo.	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Trichoderma reesei</i> , <i>Trichoderma brevicompactum</i> , <i>Trichoderma cremeum</i> , <i>Trichoderma reesei</i> , <i>Trichoderma theobromicola</i> , <i>Trichoderma koningii</i> .

INSTRUCCIONES DE USO

Aplicar en todos los cultivos para regular poblaciones de microorganismos causantes de enfermedades. Usar como enraizante. Mezclar con agua, aplicar por goteo o por drench al suelo en cualquier etapa del cultivo. Se puede usar en ciclo corto o largo. Usar para la desinfección de semillas.

Se recomienda NO mezclar con fungicidas.

DOSIS	Hectáreas	Litro de agua	Saco de 50 Kg de semilla
Ciclo Corto o largo	100 gr	0.5 gr	100 gr

Anexo 5. Fotos de proceso



Pesar papa



Preparación de tratamientos



Medir tallos y diámetros



Preparación de NPK