

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos alimenticios más importantes en Bolivia, tanto por su aporte a la seguridad alimentaria como por su relevancia económica. Según datos del INE (2022), Bolivia produjo aproximadamente 1,1 millones de toneladas de papa en una superficie cercana a las 160.000 hectáreas, siendo Cochabamba, La Paz, Chuquisaca y Tarija los principales departamentos productores. Además, este cultivo genera ingresos para más de 90.000 familias productoras, en su mayoría vinculadas a la agricultura familiar campesina.

En el departamento de Tarija, el cultivo de papa tiene una presencia importante en regiones como el Valle Central, principalmente en San Lorenzo y Uriondo, además de El Puente, Padcaya, Entre Ríos y comunidades de altura como Yunchará. En zonas rurales como La Ventolera, este cultivo constituye una fuente de ingreso para los agricultores. Sin embargo, su producción enfrenta diversas limitaciones que afectan el rendimiento y la sostenibilidad del sistema productivo, entre ellas el uso intensivo de agroquímicos sintéticos, el agotamiento progresivo de la fertilidad del suelo y la incidencia de plagas y enfermedades de importancia económica, como el gorgojo de los Andes (*Premnotrypes suturicallus*), la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* o *Symmetrischema tangolias*) y el tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Estos factores provocan pérdidas en la cantidad y calidad de la producción, afectando directamente la productividad agrícola (Bojanic & Zeballos, 2019).

Ante esta situación, resulta necesario implementar estrategias de manejo agronómico más sostenibles y eficientes. En este contexto, el uso de bioinsumos, entendidos como productos elaborados a partir de microorganismos benéficos, extractos vegetales o minerales naturales, representa una alternativa para mejorar la fertilidad del suelo, fortalecer la sanidad vegetal y reducir la dependencia de insumos químicos. Asimismo, su incorporación puede contribuir a la conservación ambiental y a la protección de la salud humana, aspectos importantes para una agricultura más resiliente (González, 2024).

Por tanto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del manejo agronómico con bioinsumos en el cultivo de papa en la comunidad de La Ventolera, considerando variables relacionadas con el desarrollo vegetativo, la sanidad del cultivo, el rendimiento y el análisis económico. Con ello, se busca generar información útil y contextualizada que contribuya a promover prácticas agronómicas más sostenibles, eficientes y adaptadas a las condiciones locales de los agricultores tarijeños.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de papa representa una actividad agrícola importante para la economía y subsistencia de muchas familias en el departamento de Tarija, especialmente en comunidades rurales como La Ventolera. Sin embargo, su producción enfrenta diversas limitaciones que comprometen la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad del sistema productivo.

Entre los principales problemas se encuentra la dependencia del manejo químico para el control de plagas y enfermedades, lo cual puede incrementar los costos de producción y generar impactos negativos en la salud del suelo, los ecosistemas locales y la calidad del agua cuando su aplicación no se realiza bajo criterios técnicos.

Estas condiciones afectan el desarrollo normal del cultivo, reducen el rendimiento y la calidad de la producción, incrementan los costos de manejo y pueden representar riesgos para la salud de los productores y consumidores. Por ello, surge la necesidad de evaluar alternativas de manejo agronómico que permitan reducir la dependencia de insumos químicos y contribuir a una producción de papa más sostenible bajo las condiciones de la comunidad de La Ventolera.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica por la necesidad de identificar alternativas sostenibles y eficientes para el manejo agronómico del cultivo de papa en la comunidad de La Ventolera, frente a los problemas de degradación del suelo, alta incidencia de plagas y enfermedades, y uso indiscriminado de agroquímicos que caracterizan la producción convencional.

En este contexto, los bioinsumos, como biofertilizantes, biocontroladores y extractos vegetales, representan una alternativa agroecológica con potencial para mejorar la fertilidad y estructura del suelo, reducir la dependencia de productos químicos y contribuir al manejo más sostenible del cultivo. Sin embargo, en comunidades como La Ventolera su adopción aún es limitada, debido a la escasa de información técnica disponible y a la falta de evaluaciones en condiciones reales de campo.

Desde el punto de vista técnico, esta investigación permitirá generar información aplicada sobre el comportamiento del cultivo de papa bajo un manejo con bioinsumos, aportando bases para el diseño y validación de estrategias agronómicas sostenibles adaptadas a las condiciones agroecológicas de Tarija. Asimismo, permitirá valorar su efecto en la reducción de problemas fitosanitarios, especialmente en el manejo del tizón tardío (*Phytophthora infestans*), una de las enfermedades de mayor importancia económica en este cultivo.

Desde la perspectiva social y ambiental, el estudio contribuirá a promover prácticas agrícolas más seguras, saludables y compatibles con la conservación de los recursos naturales, fortaleciendo la capacidad de los productores locales para adoptar tecnologías de menor impacto ambiental y mayor sostenibilidad productiva.

Finalmente, la investigación se justifica porque en el departamento de Tarija existen pocas experiencias locales documentadas sobre el uso de bioinsumos en el cultivo de papa, por lo que los resultados podrán constituirse en una referencia técnica para futuros trabajos de investigación y para la transferencia de tecnología hacia los productores de la región.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto del uso de bioinsumos en la productividad, el control fitosanitario del cultivo de papa, específicamente de las variedades Desireé y Jatun Puka, mediante un enfoque comparativo con el manejo convencional, en la comunidad de La Ventolera, Tarija.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del manejo agronómico con bioinsumos en el desarrollo vegetativo y la sanidad del cultivo de papa, considerando variables como altura de planta, incidencia y severidad de enfermedades, e incidencia y severidad de plagas.
- Comparar la productividad del cultivo de papa bajo manejo con bioinsumos y manejo convencional, mediante indicadores como número de tubérculos por planta, peso total de tubérculos por planta y rendimiento expresado en toneladas por hectárea (t/ha).
- Analizar los costos de producción y la relación beneficio/costo del manejo agronómico con bioinsumos frente al manejo convencional en el cultivo de papa.

HIPÓTESIS

El manejo agronómico con bioinsumos en el cultivo de papa mejora significativamente el rendimiento y la sanidad del cultivo, en comparación con el manejo convencional, en la comunidad de La Ventolera, Tarija.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ORIGEN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo nativo de la región andina de América del Sur. Investigaciones arqueológicas y etnobotánicas recientes confirman que su domesticación se concentró principalmente en el área circunlacustre del lago Titicaca, abarcando territorios actuales de Bolivia y Perú (Morales Galarza, 2021). El análisis de microrestos y almidones en herramientas líticas antiguas sitúa el aprovechamiento intensivo y las etapas iniciales de su cultivo organizado entre 5,000 y 8,000 años antes del presente en dicha cuenca altoandina (Rumold & Aldenderfer, 2016). Desde este centro de origen y diversificación, el tubérculo experimentó un proceso de dispersión global, transformándose en un pilar estratégico para los sistemas alimentarios del mundo (Bentley, 2016).

1.2. PRODUCCIÓN MUNDIAL

La papa constituye el cultivo alimenticio no cereal más importante del mundo y uno de los productos agrícolas de mayor relevancia por su aporte nutricional, adaptabilidad y capacidad de producción en diversos ambientes (Devaux et al., 2020). Evaluaciones macroeconómicas sectoriales confirman que la producción mundial del tubérculo supera los 380 millones de toneladas anuales, consolidando su relevancia estratégica dentro de los sistemas alimentarios globales (Scott, 2021).

1.3. PRODUCCIÓN NACIONAL Y LOCAL

En Bolivia, la papa es uno de los cultivos más importantes dentro de la agricultura familiar y de la seguridad alimentaria, debido a su amplia distribución, su valor cultural y su papel central en la dieta de la población. Las evaluaciones sectoriales reportan una producción nacional consolidada que supera el millón de toneladas anuales repartidas

en más de 200 mil hectáreas, reflejando el impacto socioeconómico de este tubérculo en el agro boliviano (Gandarillas et al., 2021).

En el departamento de Tarija, la papa forma parte de los principales cultivos agrícolas y representa una actividad relevante para el abastecimiento de los mercados locales y departamentales. Su producción se concentra en zonas de valle y áreas intermedias, donde constituye una fuente primordial de ingresos y empleo para los pequeños productores de la región (MDRyT, 2022).

1.4. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

La papa pertenece a la familia Solanaceae, grupo botánico que incluye otras especies de importancia agrícola como el tomate, el pimiento y la berenjena. Es una planta herbácea de comportamiento perenne por su naturaleza botánica, aunque agronómicamente se maneja como anual. Su estructura vegetal comprende raíces, tallos aéreos, hojas compuestas, estolones, tubérculos, flores y frutos; uno de sus rasgos más importantes es que los tubérculos no son raíces, sino tallos subterráneos modificados y especializados en el almacenamiento de reservas (Mateus-Rodriguez et al., 2019).

1.4.1. Taxonomía

Cuadro N.º 1: Taxonomía del cultivo

Reino	Vegetal
Phylum	Teleomophytae
División	Tracheophytae
Sub División	Anthophyta
Clase	Angiospermae
Sub Clase	Dicotyledoneae
Grado evolutivo	Metachlamydeae
Grupo de Órdenes	Tetracíclicos
Orden	Polemoniales

Familia	Solanaceae
Nombre científico	<i>Solanum tuberosum</i> L.
Nombre común	Papa

Fuente: (Herbario Universitario T.B. 2025)

1.5. CARACTERES MORFOLÓGICOS DE LA PAPA

1.5.1. Sistema radicular

El sistema radicular de la papa es generalmente fibroso y relativamente superficial, por lo que la planta depende en gran medida de la humedad disponible en las capas superiores del suelo. Esta característica explica su alta sensibilidad tanto al déficit como al exceso de agua, especialmente durante las etapas críticas de formación y llenado de tubérculos (Cabezas, 2018).

1.5.2. Tallos

La planta desarrolla tallos aéreos de crecimiento erecto o semierecto, cuya altura y vigor dependen de la variedad y de las condiciones de manejo. Además, presenta tallos subterráneos modificados llamados estolones, a partir de cuyos extremos se forman los tubérculos (Egúsquiza, 2014).

1.5.3. Hojas

Las hojas de la papa son compuestas e imparipinnadas, con un foliolo terminal y varios foliolos laterales. Estas estructuras cumplen una función esencial en la fotosíntesis, ya que a partir de ellas la planta produce los fotoasimilados que posteriormente serán transportados a los tubérculos (Sevilla, 2020).

1.5.4. Estolones

Los estolones son tallos subterráneos horizontales que se originan en los nudos del tallo principal. Bajo condiciones adecuadas de temperatura, fotoperiodo y disponibilidad de

agua, sus extremos comienzan a engrosarse y dan origen a los tubérculos (Calizaya & Crespo, 2017).

1.5.5. Tubérculos

El tubérculo es el órgano de reserva de la planta y constituye la parte comestible del cultivo. Morfológicamente es un tallo modificado y engrosado que almacena principalmente almidón, además de contener compuestos minerales y vitamínicos de importancia nutricional. En su superficie presenta yemas u “ojos”, a partir de los cuales se originan los brotes para la siguiente generación del cultivo (Egúsquiza, 2014).

1.5.6. Flores

Las flores de la papa se agrupan en inflorescencias terminales y pueden presentar colores variables como blanco, rosado, lila o violeta, según la variedad. En muchos materiales la floración coincide con el inicio de la tuberización, por lo que constituye una referencia fenológica útil para el manejo agronómico (Montesdeoca et al., 2018).

1.5.7. Fruto

El fruto de la papa es una baya pequeña que contiene semillas verdaderas. Sin embargo, en la producción comercial el cultivo se propaga principalmente por tubérculos-semilla y no por semilla botánica (Gabriel, 2018).

1.6. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS

La papa es un cultivo de clima templado a frío que expresa mejor su potencial en ambientes frescos. Desde el punto de vista fisiológico, la planta desarrolla inicialmente su área foliar y posteriormente dirige los fotoasimilados hacia los estolones y tubérculos. La tuberización está fuertemente condicionada por la temperatura, la radiación, la disponibilidad hídrica y el fotoperiodo; temperaturas elevadas reducen la formación de tubérculos y favorecen el crecimiento vegetativo excesivo, mientras que condiciones frescas y un manejo hídrico adecuado favorecen el rendimiento (Suárez & Andrade, 2020).

1.7. ETAPAS FENOLÓGICAS DE LA PAPA

1.7.1. Brotación y emergencia

Esta etapa se inicia con la activación de las yemas del tubérculo-semilla y culmina cuando los brotes emergen a la superficie del suelo. Es una fase clave, ya que de ella depende la uniformidad de la población y el establecimiento inicial del cultivo (Tapia & Fries, 2017).

1.7.2. Crecimiento vegetativo

Durante esta fase ocurre el desarrollo rápido del follaje, tallos y raíces. La planta incrementa su capacidad fotosintética y empieza a formar estolones, preparando las condiciones para el inicio de la tuberización (Egúsquiza, 2014).

1.7.3. Inicio de la tuberización

Se caracteriza por el engrosamiento de los extremos de los estolones. Es una fase muy sensible a la temperatura y al suministro de agua, por lo que deficiencias en el manejo durante este periodo repercuten directamente en el número de tubérculos formados (Plata, 2019).

1.7.4. Llenado de tubérculos

En esta etapa se produce la acumulación intensa de materia seca, principalmente almidón, en los tubérculos. El rendimiento final depende en gran medida de que durante este periodo no existan limitaciones severas de agua, temperatura o sanidad (Tapia & Fries, 2017).

1.7.5. Maduración y senescencia

La maduración está marcada por el amarillamiento progresivo del follaje y la consolidación de la piel del tubérculo. Esta fase determina la calidad para cosecha, almacenamiento y comercialización (Plata, 2019).

1.8. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

1.8.1. Importancia socioeconómica

La papa tiene una gran importancia económica y social porque constituye una fuente de alimento, empleo e ingresos para millones de productores en el mundo. En Bolivia, su valor es aún mayor por su estrecha relación con la agricultura familiar, la cultura andina y los sistemas locales de producción. En el departamento de Tarija, el cultivo forma parte de la base productiva de varias comunidades rurales, donde contribuye tanto al autoconsumo como a la comercialización (Devaux et al., 2021).

1.8.2. Importancia nutricional

Desde el punto de vista nutricional, la papa es una fuente importante de carbohidratos, vitamina C, potasio, fibra dietética y otros micronutrientes. Además, se considera un cultivo eficiente en el uso de recursos, ya que puede producir una elevada cantidad de alimento por unidad de superficie en comparación con otros cultivos de consumo humano (Lutaladio et al., 2018).

1.9. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS

1.9.1. Altitud

En Bolivia, la papa se cultiva en un amplio rango altitudinal, desde valles interandinos hasta zonas altas del altiplano. Sin embargo, su mejor desempeño generalmente se registra en ambientes de altura media a alta, donde predominan temperaturas moderadas y condiciones favorables para la tuberización (Condori et al., 2020).

1.9.2. Temperatura

La papa se desarrolla mejor con temperaturas medias diarias de 18 a 20 °C, mientras que el crecimiento normal del tubérculo es óptimo con temperaturas del suelo entre 15 y 18 °C. La iniciación de los tubérculos suele requerir noches por debajo de 15 °C; temperaturas demasiado altas inhiben la tuberización y reducen el rendimiento (Juárez et al., 2019).

1.9.3. Suelo

El cultivo se adapta mejor a suelos francos o franco-arenosos, profundos, sueltos, bien drenados y con buena aireación. Un pH entre 5,5 y 7,0 es generalmente favorable. Los suelos compactados o mal drenados limitan el desarrollo de raíces y tubérculos y favorecen problemas fitosanitarios (Ortecho, 2019).

1.9.4. Disponibilidad hídrica

La papa requiere un suministro regular de agua durante todo su ciclo, especialmente en la formación y llenado de tubérculos. Tanto la sequía como el exceso de humedad generan pérdidas de rendimiento y favorecen trastornos fisiológicos y enfermedades (Maldonado, 2021).

1.9.5. Luminosidad

La radiación solar influye en la fotosíntesis, la acumulación de biomasa y el rendimiento del cultivo. La papa necesita buena disponibilidad de luz, aunque la respuesta específica depende del material genético y del ambiente. El fotoperiodo, además, interviene en el proceso de tuberización (Machaca, 2022).

1.10. VARIEDADES DE PAPA

La papa presenta una extraordinaria diversidad genética, especialmente en la región andina. En Bolivia, instituciones como INIAF y PROINPA han contribuido a la conservación, caracterización y promoción de variedades nativas y mejoradas. Esta diversidad tiene importancia productiva, nutricional y cultural, ya que permite seleccionar materiales adaptados a diferentes condiciones agroecológicas, presiones de plagas y enfermedades y demandas del mercado (PROINPA, 2024).

1.11. PRÁCTICAS AGRONÓMICAS

1.11.1. Preparación del suelo

La preparación del suelo busca generar una cama adecuada para el desarrollo radicular y la formación de tubérculos. Se recomienda trabajar sobre suelos sueltos, bien

mullidos y con buen drenaje, evitando la compactación para no restringir el crecimiento del espacio subterráneo (Valverde, 2021).

1.11.2. Selección y preparación de semilla

La semilla debe ser sana, fisiológicamente vigorosa y de tamaño uniforme. El uso de tubérculos-semilla de buena calidad mejora notablemente la velocidad de emergencia, la uniformidad general del cultivo en el campo y reduce drásticamente la transmisión de enfermedades fitopatológicas (Torres, 2019).

1.11.3. Siembra

La siembra debe realizarse en condiciones de humedad adecuadas y con una profundidad que permita una buena emergencia. El distanciamiento entre plantas y surcos depende directamente de la variedad elegida, el tamaño de la semilla utilizada y el destino comercial final del cultivo (Rojas & Choque, 2022).

1.11.4. Fertilización

La papa es sumamente exigente en nutrientes, por lo que requiere una fertilización equilibrada de nitrógeno, fósforo y potasio, complementada con la incorporación de materia orgánica cuando sea posible. Un manejo adecuado de la fertilidad contribuye al desarrollo óptimo del follaje, la tuberización y la calidad del producto (Flores, 2020).

1.11.5. Riego

El riego debe ajustarse estrictamente a la demanda evapotranspirativa del cultivo y a las condiciones climáticas de la zona. Los métodos más comunes aplicados son por surcos y aspersión, cuidando que la oportunidad del riego sea constante durante las fases críticas de formación y llenado de tubérculos (Castro, 2023).

1.11.6. Aporque

El aporque consiste en arrimar tierra al pie de la planta para proteger los tubérculos en crecimiento, favorecer su correcto desarrollo y reducir la exposición a la luz que causa

el enverdecimiento. Adicionalmente, esta labor cultural contribuye al control de malezas y mejora la conformación del surco para los riegos posteriores (Mamani, 2020).

1.11.7. Manejo fitosanitario

El manejo fitosanitario del cultivo de papa debe desarrollarse bajo principios de manejo integrado, considerando el monitoreo del cultivo, la prevención, el diagnóstico oportuno y la integración de medidas culturales, biológicas y químicas cuando corresponda. Su aplicación es determinante para reducir los daños ocasionados por plagas y enfermedades, preservar el rendimiento y mantener la calidad comercial de los tubérculos. Además, este enfoque contribuye a racionalizar el uso de plaguicidas y a fortalecer la sostenibilidad del sistema productivo (FAO, 2008; FAO, 2023; CIP, 2006).

1.11.8. Cosecha

La cosecha debe realizarse cuando el cultivo haya alcanzado su madurez fisiológica y la piel del tubérculo esté bien formada. Una cosecha oportuna reduce pérdidas por daño mecánico, enfermedades y deterioro de la calidad comercial del producto (Barea, 2020).

1.12. BIOINSUMOS AGRÍCOLAS

1.12.1. Definición y clasificación general

Los bioinsumos son productos de origen biológico elaborados a partir de microorganismos, sustancias naturales o extractos, que pueden mejorar la productividad de manera sostenible. Estos productos constituyen un componente de gran importancia para la transición agroecológica y para la reducción paulatina del uso de agroquímicos convencionales de alto impacto (Altieri & Nicholls, 2020).

1.12.1.1. Biofertilizantes

Los biofertilizantes contienen microorganismos capaces de fijar nitrógeno atmosférico, solubilizar fósforo y favorecer la disponibilidad general de nutrientes para la planta, contribuyendo directamente a una nutrición vegetal más eficiente y a la salud a largo plazo del suelo (García, 2021).

1.12.1.2. Biocontroladores o bioplaguicidas

Los biocontroladores o bioplaguicidas son agentes biológicos usados para el manejo integrado de plagas y enfermedades. De manera general, comprenden microorganismos benéficos, extractos botánicos y semioquímicos, cuyos mecanismos de acción incluyen la antibiosis, la competencia, el parasitismo o la alteración del comportamiento de la plaga (Villaverde, 2019).

1.12.1.3. Bioestimulantes

Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos aplicados externamente para estimular los procesos biológicos naturales relacionados con la nutrición vegetal, la tolerancia al estrés abiótico (como sequías o heladas), la calidad del cultivo o la asimilación de nutrientes en el suelo o la rizosfera (Calvo et al., 2022).

1.13. BIOINSUMOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

1.13.1. BioMax

BioMax es un ecofertilizante formulado a base de aminoácidos y ácidos húmicos, además de cobre, zinc y matrine, compuesto botánico asociado al control de insectos. Según la ficha técnica, su acción combina aporte nutricional y coadyuvancia fisiológica sobre la planta, además de un efecto insecticida botánico. En papa, la dosis recomendada es de 50 ml a 100 ml por mochila de 20 litros (PROINPA, s.f.).

1.13.2. EnergyTop

EnergyTop es un inoculante microbiano integrado por *Azospirillum brasilense*, *Paenibacillus polymyxa*, *Penicillium bilaii* y *Bacillus pumilus*. De acuerdo con su ficha técnica, estos microorganismos contribuyen a la fijación de nitrógeno, solubilización

de fósforo y promoción del crecimiento radicular, mejorando la absorción de agua y nutrientes (PROINPA, s.f.).

1.13.3. Bau-Met

Bau-Met es un Bioinsecticida formulado con *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Su modo de acción consiste en la germinación de esporas sobre la cutícula del insecto, penetración del tegumento, invasión interna y producción de toxinas, lo que conduce a debilitamiento y muerte del hospedero. La ficha técnica reporta una dosis de 25 a 50 gramos por mochila de 20 litros (PROINPA, s.f.).

1.13.4. Tricobal - L

Tricobal es un promotor de crecimiento y supresor de patógenos del suelo. Según la ficha técnica, combina *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningiopsis* y *Bacillus subtilis*, contribuyendo a la supresión de patógenos como *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Phytophthora*, además de favorecer el vigor de la planta. La dosis indicada en hortalizas y otros cultivos corresponde a 100 ml a 200 ml por mochila de 20 litros (PROINPA, s.f.).

1.13.5. Vigor Top Plus

Vigor Top Plus es un promotor de crecimiento compuesto por ácidos húmicos y fúlvicos, extracto de brasicas y extracto de *Moringa oleifera*. De acuerdo con la ficha técnica, estimula el crecimiento radicular y foliar, mejora la tasa fotosintética y favorece la tolerancia al estrés. En papa, la dosis reportada es de 2 L/ha o 200 ml por mochila de 20 litros (PROINPA, s.f.).

1.13.6. Bacterial Mix

Bacterial Mix es un consorcio de bacterias del género *Bacillus* con función de regulador de crecimiento y biocontrolador foliar. Su composición incluye *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus*, *B. megaterium*, *B. licheniformis* y *B. laterosporus*. La ficha técnica señala que actúa sobre enfermedades foliares mediante competencia,

antibiosis, inducción de resistencia y promoción del crecimiento. La dosis recomendada es de 100 ml a 200 ml por mochila de 20 litros (PROINPA, s.f.).

1.14. PROBLEMÁTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE PAPA EN TARIJA

1.14.1. Manejo convencional y uso excesivo de agroquímicos

En muchos sistemas productivos, el cultivo de papa se maneja con fuerte dependencia de agroquímicos. Aunque estos insumos pueden ser eficaces a corto plazo, su uso intensivo y reiterado deteriora la calidad del suelo, incrementa los costos de producción y puede afectar el ambiente y la salud humana. La FAO ha insistido en la necesidad de reducir los riesgos asociados al manejo inadecuado de plaguicidas y de promover alternativas más sostenibles (FAO, 2020).

1.14.2. Degradación del suelo

La degradación del suelo es una limitante importante para la sostenibilidad del cultivo. La labranza intensiva, el monocultivo y la baja incorporación de materia orgánica provocan compactación, erosión y pérdida de fertilidad, afectando directamente el rendimiento y la sanidad del cultivo (FAO, 2021).

1.14.3. Principales plagas y enfermedades

Entre las principales plagas asociadas al cultivo de papa en el contexto andino destacan el gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp.) y la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*), ambas responsables de daños severos en tubérculos y pérdidas económicas. Entre las enfermedades, el tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* es considerado una de las más destructivas a nivel mundial, con capacidad de ocasionar pérdidas muy severas e incluso totales bajo condiciones favorables (CIP, 2010).

1.14.4. Limitaciones en la adopción de alternativas sostenibles

A pesar del creciente interés por los bioinsumos, su adopción aún enfrenta limitaciones relacionadas con disponibilidad, capacitación técnica, validación local y confianza del productor. La expansión de estas alternativas requiere un fuerte acompañamiento técnico en campo, marcos normativos claros y evidencia local de efectividad para romper la inercia del manejo químico convencional (Plata, 2019).

1.15. ENFOQUES SOSTENIBLES Y RESILIENCIA EN LA AGRICULTURA DE LA PAPA

La agricultura sostenible busca satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las futuras, asegurando viabilidad económica, equidad social y salud ambiental. Bajo este enfoque, la incorporación de bioinsumos puede contribuir a sistemas de cultivo más eficientes, menos dependientes de insumos de alto impacto y más compatibles con la conservación de los recursos naturales. Asimismo, la resiliencia agrícola se entiende como la capacidad de los sistemas productivos para anticipar, adaptarse, absorber y recuperarse frente a perturbaciones como sequías, plagas, enfermedades o variabilidad climática (Altieri & Nicholls, 2020).

1.16. ANTECEDENTES DEL USO DE BIOINSUMOS EN EL CULTIVO DE PAPA

En el cultivo de papa existe creciente evidencia sobre el uso de microorganismos benéficos y productos biológicos para mejorar rendimiento y sanidad. Materiales técnicos y de capacitación señalan que microorganismos como *Trichoderma*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Beauveria* y *Metarhizium* poseen potencial en la nutrición vegetal, inducción de resistencia y supresión de patógenos o insectos-plaga. En el caso de PROINPA, la estrategia biológica presentada para cultivos como la papa se basa en aplicaciones a suelo y follaje de productos como Tricobal-L, EnergyTop, Bacterial Mix, Bau-Met, BioMax y Vigor Top, buscando biocontrol de enfermedades, bioestimulación del crecimiento, activación de resistencia y nutrición vegetal a través de la solubilización de N.P.K y microelementos (PROINPA, 2024)

CAPÍTULO II

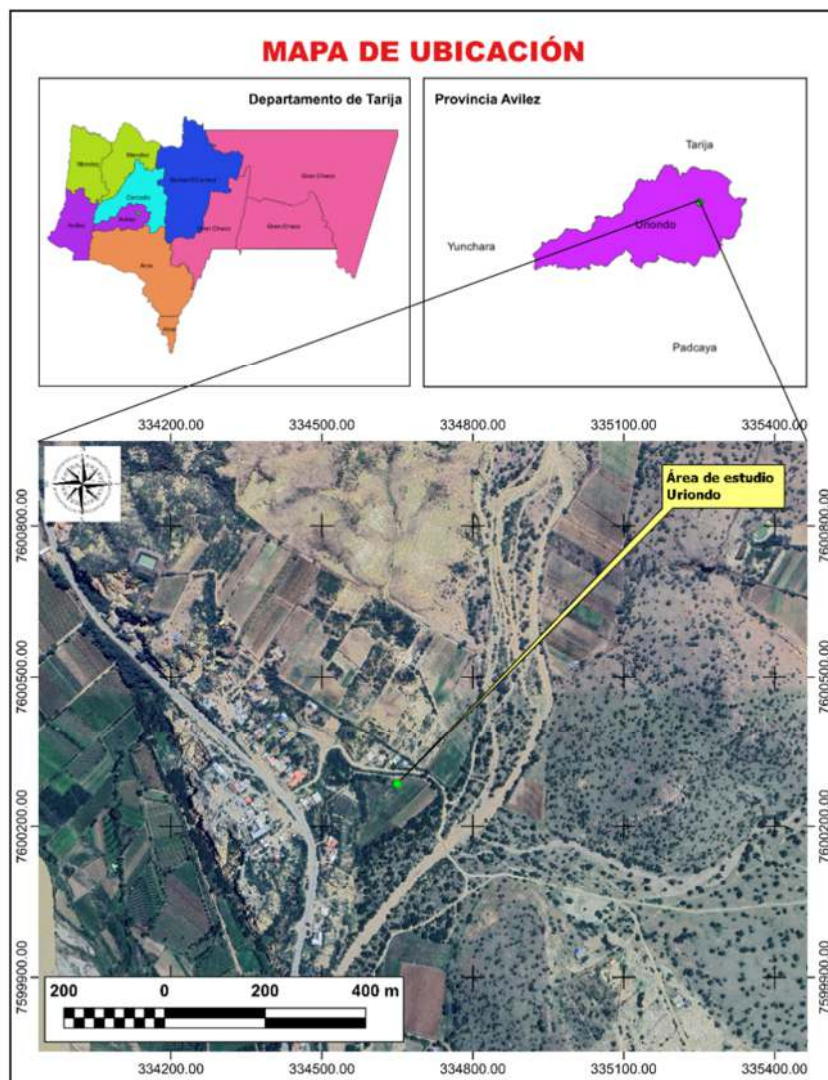
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN

La investigación se desarrollará en una parcela experimental ubicada en la comunidad de La Ventolera, perteneciente al municipio de Uriondo, departamento de Tarija, Bolivia.



Fuente: Elaboración propia

2.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Latitud sud: 21° 41' 35" S

Longitud oeste: 64° 35' 54" O

Altura m/s/n/m: 1682,6 msnm

2.1.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.

La comunidad de La Ventolera presenta un clima caracterizado por temperaturas medias anuales moderadas, veranos cálidos y soleados, e inviernos frescos a fríos, con mínimas que pueden descender notablemente. Las precipitaciones se concentran principalmente entre los meses de diciembre y marzo, mientras que entre mayo y agosto predomina un periodo seco. La humedad relativa es mayor durante la temporada lluviosa y disminuye en los meses secos. Asimismo, las heladas suelen presentarse entre mayo y septiembre, coincidiendo con los meses de menores temperaturas (SENAMHI, 2021).

2.1.3. Clima

La comunidad de La Ventolera se ubica dentro de una zona de clima templado semiárido, característica de los valles interandinos de la Cordillera Oriental de Bolivia. Este tipo de clima se distingue por una marcada estacionalidad, con veranos templados a cálidos en los que se concentra la mayor parte de las precipitaciones, e inviernos secos con descensos importantes de temperatura (SENAMHI, 2023).

2.1.4. Temperatura

La temperatura media anual en la zona se sitúa entre 15 °C y 20 °C, valores característicos de los ecosistemas de valles interandinos del departamento de Tarija. Las temperaturas máximas extremas suelen registrarse durante el periodo previo al establecimiento de la época de lluvias, especialmente en octubre y noviembre, así como en verano. Por el contrario, las temperaturas mínimas extremas ocurren durante el invierno austral, particularmente en junio y julio, cuando los valores pueden descender

por debajo de 0 °C, representando un riesgo para la actividad agrícola local (SENAMHI, 2023).

2.1.5. Precipitación

La precipitación promedio anual en la zona de La Ventolera oscila entre 400 mm y 700 mm. Su distribución es marcadamente estacional, concentrándose principalmente entre diciembre y marzo. Esta condición define a la región como una zona con periodos secos pronunciados, lo cual influye en la planificación de las siembras y en la necesidad de complementar el abastecimiento hídrico mediante sistemas de riego en el cultivo de la papa (Gutiérrez & Flores, 2021).

2.1.6. Humedad y heladas

La humedad relativa en la zona presenta variaciones asociadas al régimen de precipitaciones, alcanzando sus valores más altos en la temporada húmeda y disminuyendo durante el estiaje. Por otra parte, la ocurrencia de heladas meteorológicas entre mayo y septiembre constituye un factor limitante para la producción agrícola. La frecuencia e intensidad de estos eventos varían de un año a otro, afectando el periodo libre de heladas y, en consecuencia, el ciclo productivo de las variedades locales y mejoradas (Morales & Pérez, 2020; Sánchez et al., 2022).

2.1.7. Suelos: Características Físicas y Químicas

Los suelos en la comunidad de La Ventolera son predominantemente de origen **aluvial y coluvial**, formados por la deposición de materiales arrastrados por procesos hídricos desde las laderas circundantes hacia el fondo del valle. Esta génesis le confiere al área una variabilidad pedológica importante, típica de las terrazas fluviales de la cuenca del río Camacho (Martínez & Herrera, 2021).

- **Textura y Estructura:** Predominan las texturas **medias (francas) a finas (franco-arcillosas)**. En las partes bajas del valle, los suelos tienden a ser profundos y con mejor capacidad de retención de humedad, mientras que en las zonas de transición la presencia de fragmentos gruesos (grava) es más común.

Estas características físicas influyen directamente en la porosidad y la resistencia mecánica al crecimiento de los tubérculos (López & Mendoza, 2021).

- **Fertilidad y Materia Orgánica:** Los suelos presentan generalmente una **fertilidad de moderada a buena**, aunque con una tendencia a la disminución de materia orgánica debido al uso intensivo. El equilibrio de macronutrientes (N, P, K) es variable, requiriendo un manejo integral para evitar la degradación química y mejorar la disponibilidad de nutrientes a través de la actividad microbiana (Ramírez & Pérez, 2022).
- **Drenaje y Retención de Agua:** El drenaje oscila de **bueno a moderado**. En texturas más arcillosas, el drenaje puede verse limitado, lo que incrementa el riesgo de enfermedades radiculares en la papa si hay exceso de riego. Por el contrario, en zonas con mayor contenido de grava, la retención hídrica disminuye, haciendo que el cultivo sea más susceptible al estrés hídrico en periodos secos (Castillo & Morales, 2021).

2.1.8. Vegetación Natural de la Zona

La vegetación natural de la zona se asocia principalmente con formaciones de matorrales xerofíticos de los valles interandinos, adaptadas a condiciones de sequía estacional y a variaciones térmicas propias de ambientes semiáridos (ZONISIG, 2001).

- **Especies dominantes**

En áreas secas de Tarija se reporta la presencia de especies como chañar (*Geoffroea decorticans*), algarrobo blanco (*Prosopis alba*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*), churqui (*Acacia caven*) y tusca (*Vachellia aroma*), consideradas características de matorrales y bosques secos interandinos (Caracterización biofísica del departamento de Tarija, UAJMS, 2021).

2.1.9. Actividad Agropecuaria de la Comunidad

La economía de La Ventolera se basa principalmente en la viticultura (cultivo de la vid), con producción de uva para consumo directo y elaboración local de vinos y singanis. Esta actividad se complementa con el cultivo de frutales y hortalizas según los ciclos de siembra. Los productos se comercializan en mercados locales y nacionales, influenciados por la estacionalidad y los precios.

2.2. MATERIALES

2.2.1. Material vegetal

Se utilizaron las variedades comerciales de papa **Desireé** y **Jatun Puka**, por ser de uso común y amplia aceptación entre los productores locales, lo que permitió dar representatividad a los resultados obtenidos en la región. Los tubérculos semilla fueron de tamaño uniforme y se seleccionaron en buenas condiciones fitosanitarias, con la finalidad de asegurar la homogeneidad inicial del ensayo.

2.2.2. Insumos Agrícolas y Manejo de Tratamientos

A. Manejo con Bioinsumos En los tratamientos bajo manejo biológico, correspondientes a T1V1F1 (var. Desireé) y T3V2F1 (var. Jatun Puka), se emplearon productos de base biológica bajo el siguiente esquema:

- **Tratamiento de Semilla y Siembra:** Se realizó una inoculación mediante inmersión y aplicación al surco con una mezcla compuesta por Energy Top (100 mL), Tricobal-L (100 mL), BioMax (100 mL) y Vigor Top (200 mL). Este complejo busca activar la protección fúngica inicial y promover el enraizamiento.
- **Aplicaciones Foliares:** Se efectuaron cuatro aplicaciones durante el ciclo fenológico con intervalos de 15 días, iniciando tras la emergencia total (aprox. 20 de septiembre). La mezcla por cada 20 L de agua consistió en: Bacterial Mix (100 mL), BioMax (50 mL), Vigor Top (100 mL), Bau-Met (100 mL) y Energy Top (100 mL).

B. Manejo Convencional (Químico) Para los tratamientos T2V1F2 (var. Desireé) y T4V2F2 (var. Jatun Puka), se aplicó el paquete tecnológico tradicional de la zona:

- **Fertilización Base:** Aplicación de Fosfato Diamónico (DAP 18-46-0) al momento de la siembra, con una dosis de 1 kg por tratamiento (distribuido en sus 4 repeticiones).
- **Fertilización de Cobertura:** Durante la labor cultural del aporque, se aplicó Urea (46-0-0) en dosis de 1 kg por tratamiento.
- **Protección Fitosanitaria en Siembra:** Aplicación al fondo del surco de Actara (Tiametoxam) en dosis de 40 g/20 L de agua para el control preventivo de plagas de suelo.
- **Control Fitosanitario Foliar:** Se realizaron cuatro aplicaciones durante el ciclo del cultivo utilizando una mezcla de: Flaying (30 mL), Infinito (50 mL) y Coraza (100 g), diluidos en 20 L de agua.

2.2.3. Material de campo

Se emplearon herramientas básicas para las labores culturales como:

- Palas
- Azadones
- Carretillas
- Tractor
- Mochila eléctrica
- Morrales

2.2.4. Materiales de demarcación

- Wincha
- Estacas
- Flexómetro

2.2.5. Material de registro

- Bolsas muestreo y etiquetas
- Tablero de campo
- Bolígrafo o Lápiz
- Planilla para la toma de datos
- Cámara fotográfica (teléfono celular)
- Computadora

2.3. METODOLOGÍA

2.3.1. Metodología estadística

Para el presente trabajo de investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con arreglo factorial 2×2 , correspondiente a dos variedades de papa y dos niveles de fertilización. Se evaluaron 4 tratamientos con 4 repeticiones, haciendo un total de 16 unidades experimentales.

2.3.2. Descripción de los factores

Para el presente estudio se consideraron dos factores en evaluación:

Factor A: Variedades de papa

V1: Desireé

V2: Jatun Puka

Factor B: Manejo agronómico

F1: Manejo con bioinsumos

F2: Manejo convencional

2.3.3. Características del diseño

Cuadro N.º 2: Caracterización del diseño

Factor en estudio	Tratamientos	Número de Tratamientos	Repeticiones	Número de unidades experimentales
Manejo agronómico en dos variedades de papa	V1: Desireé V2: Jatun Puka F1: Bioinsumos F2: Convencional	T1=V1 F1 T2=V1 F2 T3=V2 F1 T4=V2 F2	4	16

Fuente: Elaboración propia (2025)

2.3.4. Descripción de tratamientos

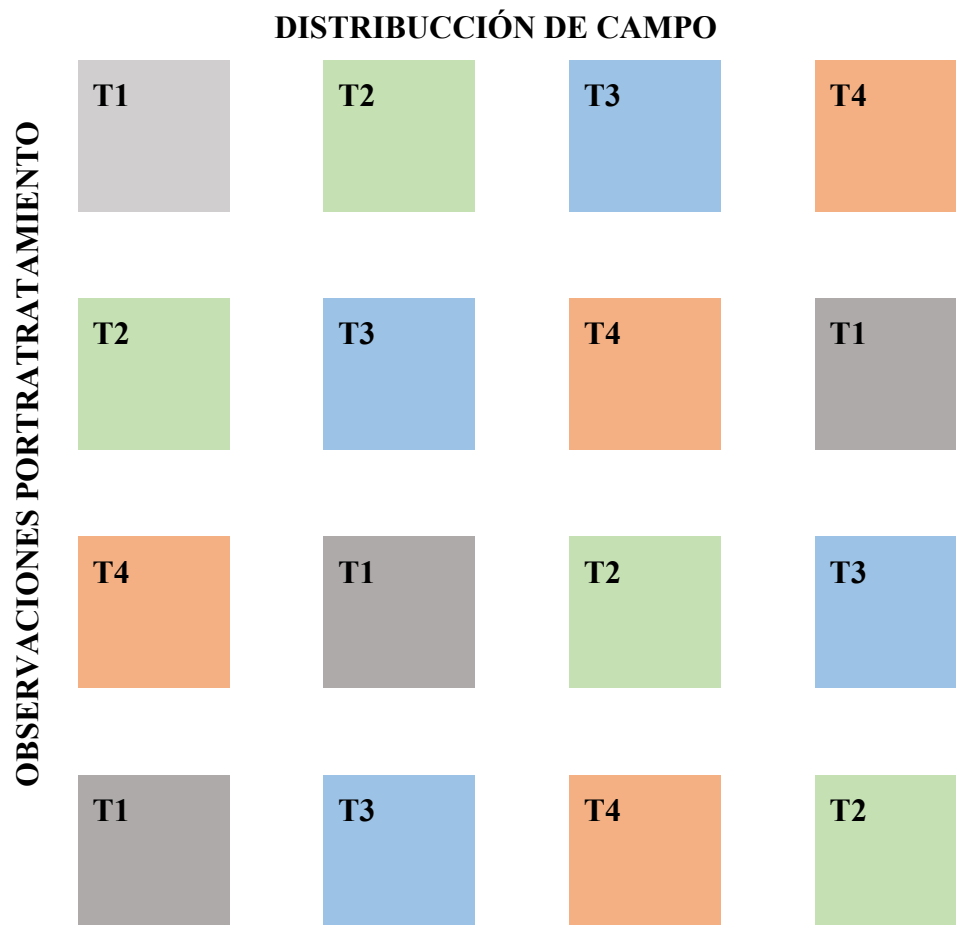
Los tratamientos evaluados en el presente estudio fueron los siguientes:

- **T1 = V1F1:** Variedad Desireé con manejo agronómico mediante bioinsumos.
- **T2 = V1F2:** Variedad Desireé con manejo agronómico convencional.
- **T3 = V2F1:** Variedad Jatun Puka con manejo agronómico mediante bioinsumos.
- **T4 = V2F2:** Variedad Jatun Puka con manejo agronómico convencional.

2.3.5. Dimensionamiento y características de la unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo conformada por 3 surcos, con 20 plantas por surco, haciendo un total de 60 plantas por unidad experimental. La distancia de siembra fue de 0,40 m entre plantas y 0,80 m entre surcos, mientras que la distancia entre bloques fue de 1 m. Las dimensiones aproximadas de cada unidad experimental fueron de 7,6 m de largo por 2 m de ancho. En total se establecieron 16 unidades experimentales, con un total de 960 plantas en todo el ensayo. El área total experimental fue de aproximadamente 33,4 m de largo por 11 m de ancho.

2.3.6. Diseño experimental de campo



Fuente: Elaboración propia (2025)

2.4. MODELO MATEMÁTICO

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en la presente investigación, se empleó el siguiente modelo matemático correspondiente al Diseño de Bloques Completos al Azar:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = valor observado en el i-ésimo tratamiento dentro del j-ésimo bloque.

μ = media general del experimento.

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = efecto del j-ésimo bloque.

e_{ij} = error experimental asociado a la observación del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

2.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.5.1. Preparación del Terreno (agosto 2025).

La preparación del terreno se realizó el 8 de agosto de 2025, utilizando tractor agrícola. En esta etapa se efectuó el arado y posteriormente el pase de rastra, con la finalidad de dejar el suelo en condiciones adecuadas para la siembra. Estas labores permitieron aflojar el terreno y lograr una mejor condición física para el establecimiento del cultivo. El surcado no se realizó en esta etapa, sino el mismo día de la siembra. No fue necesaria una limpieza manual previa de malezas o residuos, debido a que la preparación mecanizada dejó el terreno listo para el establecimiento del ensayo.

2.5.2. Marcado y Distribución de Parcelas (agosto 2025).

Una vez preparado el terreno, se procedió al marcado y distribución de las parcelas experimentales. Para ello se utilizaron estacas y cinta métrica (wincha), con el fin de delimitar correctamente cada unidad experimental dentro del área de estudio. La distribución de los tratamientos se realizó de acuerdo con el Diseño de Bloques Completos al Azar, quedando establecidos 4 bloques y 16 unidades experimentales en total.

2.5.3. Preparación de la Semilla y Siembra (agosto 2025).

Los tubérculos semilla de las variedades Desireé y Jatun Puka fueron preparados el mismo día de la siembra, realizada el 28 de agosto de 2025. La siembra se efectuó de forma manual, en surcos previamente establecidos, utilizando el distanciamiento correspondiente entre plantas y surcos. En los tratamientos con bioinsumos, la semilla fue tratada mediante remojo con una mezcla compuesta por Energy Top, Tricobal-L, BioMax y Vigor Top, y posteriormente se realizó su aplicación sobre el material

sembrado. En los tratamientos convencionales, al momento de la siembra se aplicó (DAP) de acuerdo con la dosis establecida para cada tratamiento.

2.5.4. Aplicación de tratamientos

La aplicación de los tratamientos se realizó de acuerdo con el manejo agronómico establecido para cada unidad experimental. En los tratamientos con bioinsumos (T1 y T3), al momento de la siembra se empleó una mezcla compuesta por Energy Top, Tricobal-L, BioMax y Vigor Top. Esta mezcla fue preparada en un recipiente, utilizada para el remojo de la semilla y posteriormente aplicada sobre el material sembrado.

Posteriormente, en los tratamientos con bioinsumos se realizaron cuatro aplicaciones durante el ciclo del cultivo. En cada aplicación se utilizó una mezcla preparada en 20 litros de agua, compuesta por Bacterial Mix, BioMax, Vigor Top y Bau-Met. La primera aplicación se efectuó aproximadamente el 20 de septiembre, cuando la mayoría de las plantas había emergido, y las siguientes se realizaron con intervalos aproximados de 15 días.

En los tratamientos convencionales (T2 y T4), al momento de la siembra se aplicó fosfato diamónico (DAP) a razón de 1 kg por tratamiento, distribuido entre las cuatro repeticiones correspondientes. Asimismo, se aplicó Actara en dosis de 40 g por 20 litros de agua, sobre el surco antes del tapado final.

Durante el desarrollo del cultivo, en los tratamientos convencionales se realizaron cuatro aplicaciones de productos químicos, utilizando una mezcla de Flaying, Infinito y Coraza, diluidos en 20 litros de agua. Además, al momento del aporque se aplicó urea en dosis de 1 kg por tratamiento, distribuido entre las cuatro repeticiones.

2.5.5. Riego y labores culturales

El riego aplicado en el ensayo fue por goteo, de acuerdo con la disponibilidad de agua y los requerimientos del cultivo. En general, los riegos se realizaron con intervalos aproximados de 10 días; sin embargo, en algunas ocasiones, debido a la falta de agua, el intervalo se extendió hasta 15 días.

El aporque se realizó una sola vez, en fecha 24 de septiembre de 2025. Esta labor permitió mejorar la cobertura de los tubérculos y favorecer el desarrollo del cultivo. Asimismo, se efectuó un deshierbe manual el 25 de octubre de 2025, con la finalidad de reducir la competencia de malezas dentro del área experimental.

2.5.6. Cosecha

La cosecha se realizó el 20 de diciembre de 2025, de forma manual. Para la evaluación se seleccionaron 3 plantas al azar por repetición, las cuales fueron extraídas cuidadosamente para evitar daños en los tubérculos. Durante esta etapa se realizó el conteo y pesado de los tubérculos obtenidos, además de una observación general de su estado sanitario.

2.5.7. Análisis de datos

Los datos obtenidos en campo fueron organizados en cuadros y sometidos a análisis estadístico mediante análisis de varianza (ANOVA), con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Cuando se detectaron diferencias estadísticas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad, para establecer la diferencia entre tratamientos, factores e interacción.

2.6. VARIABLES DE RESPUESTA

2.6.1. Variables de crecimiento

- **Altura de planta**

Unidad de medida: centímetros (cm).

La altura de planta se evaluó con la finalidad de determinar el desarrollo vegetativo del cultivo de papa bajo los diferentes tratamientos. La medición se realizó desde la base del tallo, a nivel del suelo, hasta la parte apical de la planta, utilizando una cinta métrica. Para esta variable se evaluaron plantas seleccionadas dentro de cada unidad experimental, registrando los datos por tratamiento y repetición. Las evaluaciones se

realizaron durante el ciclo del cultivo, considerando como primera medición los 45 días después de la siembra, posteriormente a los 60 días después de la siembra y finalmente a los 90 días después de la siembra, de acuerdo con el desarrollo del cultivo y el registro de campo.

Instrumento utilizado: cinta métrica.

Frecuencia de evaluación: 45, 60 y 90 días después de la siembra.

Forma de expresión de resultados: promedio de altura de planta por tratamiento, expresado en centímetros.

2.6.2. Variables fitosanitarias

- **Incidencia de enfermedades**

Unidad de medida: porcentaje (%).

La incidencia de enfermedades se evaluó mediante observación directa en campo, considerando la presencia de síntomas de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en las plantas evaluadas de cada tratamiento.

Para esta variable se registró el número total de plantas observadas y el número de plantas que presentaron síntomas visibles de la enfermedad. En el presente estudio se evaluaron 30 plantas por tratamiento a los 60 días después de la siembra.

La incidencia de enfermedades se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia de enfermedades (\%)} = \left(\frac{\text{Nro. de plantas enfermas}}{\text{Nro. total de plantas evaluadas}} \right) \times 100$$

Donde:

Número de plantas enfermas = plantas que presentaron síntomas visibles de tizón tardío.

Número total de plantas evaluadas = total de plantas observadas por tratamiento.

- **Severidad de enfermedades**

Unidad de medida: porcentaje (%).

La severidad de enfermedades se evaluó para determinar el grado de daño causado por el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el follaje del cultivo. A diferencia de la incidencia, que indica cuántas plantas fueron afectadas, la severidad permitió estimar la intensidad del daño observado en las hojas.

La evaluación se realizó a los 60 días después de la siembra. Para esta variable se evaluaron 50 hojas por tratamiento, registrando el número de hojas con síntomas y el grado de severidad observado. La severidad fue expresada en porcentaje, tomando como referencia una escala visual de daño de 0 a 5 grados.

Cuadro N.º 3: Severidad de enfermedades

Grado	Descripción	Severidad aproximada
0	Sin síntomas visibles	0%
1	Manchas pequeñas y aisladas	1 – 5 %
2	Manchas visibles	6 – 10 %
3	Daño moderado	11 – 25 %
4	Daño alto	26 – 50 %
5	Daño severo	Mayor al 50 %

Fuente: Elaboración propia (2025)

Forma de expresión de resultados: porcentaje de severidad de tizón por tratamiento

- **Incidencia de plagas**

Unidad de medida: porcentaje (%).

La incidencia de plagas se evaluó mediante observación directa en campo, considerando la presencia de pulgón (*Macrosiphum euphorbiae*) en las plantas evaluadas de cada tratamiento.

Para esta variable se registró el número total de plantas observadas y el número de plantas afectadas por la presencia de la plaga. En el presente estudio se evaluaron 30 plantas por tratamiento a los 65 días después de la siembra.

La incidencia de plagas se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia de plagas (\%)} = \frac{\text{Nro. de plantas afectadas}}{\text{Nro. total de plantas evaluadas}} \times 100$$

Donde:

Número de plantas afectadas = plantas donde se observó presencia de pulgón.

Número total de plantas evaluadas = total de plantas observadas por tratamiento.

- **Severidad de plagas**

Unidad de medida: porcentaje (%).

La severidad de plagas se evaluó con la finalidad de estimar la intensidad de presencia y daño causado por el pulgón (*Macrosiphum euphorbiae*) en las hojas del cultivo de papa.

La evaluación se realizó a los 65 días después de la siembra. Para esta variable se evaluaron 30 hojas por tratamiento, registrando el número de pulgones observados por hoja y el grado de severidad correspondiente. La severidad fue expresada en porcentaje, de acuerdo con una escala visual de presencia y daño.

Cuadro N° 4: Severidad de plagas

Grado	Descripción	Severidad aproximada
0	Sin presencia de pulgones	0%
1	Presencia baja de pulgones, sin daño visible importante	1 – 5 %
2	Presencia moderada de pulgones, con daño leve en hojas	6 – 10 %

3	Presencia alta de pulgones, con daño visible moderado	11 – 25 %
4	Ataque alto, con daño evidente en hojas	26 – 50 %
5	Ataque severo, con daño generalizado	Mayor al 50 %

Fuente: Elaboración propia (2025)

Forma de expresión de resultados: porcentaje de severidad de pulgón por tratamiento.

2.6.3. Variables de rendimiento

- **Número de tubérculos por planta**

Unidad de medida: número de tubérculos.

El número de tubérculos por planta se evaluó al momento de la cosecha, mediante el conteo directo de los tubérculos producidos por las plantas seleccionadas en cada tratamiento y repetición.

Para esta variable se evaluaron 3 plantas al azar por repetición, dentro de cada unidad experimental, haciendo un total de 12 plantas evaluadas por tratamiento. Los tubérculos cosechados fueron contados de manera individual, registrando el número total de tubérculos por planta.

Instrumento utilizado: conteo visual directo.

Frecuencia de evaluación: al momento de la cosecha.

Forma de expresión de resultados: promedio de tubérculos por planta en cada tratamiento.

- **Peso total de tubérculos por planta**

Unidad de medida: gramos (g).

El peso total de tubérculos por planta se evaluó al momento de la cosecha. Para ello, se cosecharon cuidadosamente los tubérculos de las plantas seleccionadas en cada unidad experimental y se pesó la producción total obtenida por planta.

Para esta variable se evaluaron 3 plantas al azar por repetición, dentro de cada unidad experimental, haciendo un total de 12 plantas evaluadas por tratamiento. El pesaje se realizó de forma individual, utilizando una balanza, y los resultados fueron expresados en gramos por planta.

Instrumento utilizado: balanza.

Frecuencia de evaluación: al momento de la cosecha.

Forma de expresión de resultados: promedio de peso total de tubérculos por planta, expresado en gramos.

- **Rendimiento por superficie**

Unidad de medida: toneladas por hectárea (t/ha).

El rendimiento por superficie se determinó a partir del peso total de tubérculos obtenido por planta y la densidad de siembra utilizada en el ensayo. Esta variable permitió expresar la productividad del cultivo en una unidad agronómica comparable, como toneladas por hectárea (t/ha).

Para su cálculo, se consideró el peso promedio de tubérculos por planta y el número estimado de plantas por hectárea, de acuerdo con las distancias de siembra empleadas en el experimento.

Forma general de cálculo:

$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \text{Peso promedio por planta (kg)} \times \text{Número de plantas por hectárea}$

$\text{Rendimiento (t/ha)} = \text{Rendimiento (kg/ha)} / 1000$

Forma de expresión de resultados: rendimiento estimado por tratamiento en toneladas por hectárea (t/ha).

2.6.4. Análisis económico

- **Costos de producción**

Unidad de medida: bolivianos (Bs).

Los costos de producción se determinaron mediante la elaboración de hojas de costos para cada tratamiento evaluado. Se consideraron los gastos realizados en insumos agrícolas, productos aplicados, labores culturales, mano de obra y otros costos relacionados con el manejo del cultivo.

Esta variable permitió comparar económicamente el manejo con bioinsumos frente al manejo convencional.

Forma de expresión de resultados: costo total de producción por tratamiento, expresado en bolivianos.

- **Relación beneficio/costo**

Unidad de medida: índice B/C.

La relación beneficio/costo se calculó con la finalidad de determinar la rentabilidad económica de cada tratamiento. Para ello, se consideró el ingreso bruto estimado por la producción obtenida y el costo total de producción de cada tratamiento.

La relación beneficio/costo se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingreso bruto}}{\text{Costo total de producción}}$$

Donde:

Ingreso bruto = valor económico estimado de la producción obtenida.

Costo total de producción = suma de los costos generados en cada tratamiento.

La interpretación se realizó de la siguiente manera:

- Si $B/C > 1$, el tratamiento genera beneficio económico.
- Si $B/C = 1$, el tratamiento recupera solamente lo invertido.

- Si $B/C < 1$, el tratamiento no cubre los costos de producción.

Forma de expresión de resultados: relación beneficio/costo por tratamiento.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ALTURA DE LA PLANTA

- **Altura de la planta a los 45 días.**

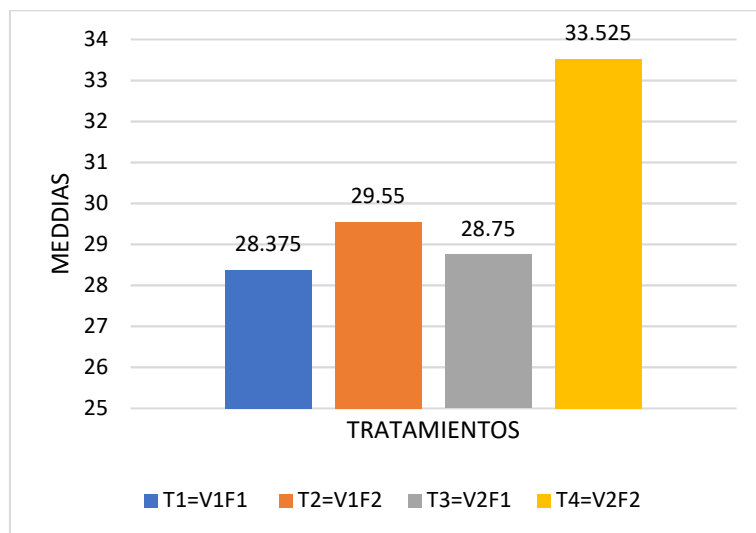
La altura de planta a los 45 días permite evaluar el crecimiento inicial del cultivo y conocer la respuesta temprana de las variedades frente al manejo agronómico aplicado.

Cuadro N.º 5: Altura de la planta a los 45 días después de la siembra

ALTURA DE PLANTA A LOS 45 DÍAS						
Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=V1F1	24,5	27	29	33	113,5	28,375
T2=V1F2	26,7	25,7	29	36,8	118,2	29,55
T3=V2F1	24,6	28	27	35,4	115	28,75
T4=V2F2	28	30,6	38,5	37	134,1	33,525
Σ	103,8	111,3	123,5	142,2	480,8	
Medias	25,95	27,825	30,875	35,55		

Fuente: Elaboración propia (2025).

A los 45 días después de la siembra, el tratamiento T1 (V1F1) presentó una altura promedio de 28,38 cm, mostrando el menor crecimiento vegetativo del cultivo; el tratamiento T2 (V1F2) alcanzó 29,55 cm, evidenciando una mejor respuesta de la variedad V1 al fertilizante F2; el tratamiento T3 (V2F1) obtuvo un promedio de 28,75 cm, reflejando un crecimiento moderado de la variedad V2 con el fertilizante F1; mientras que el tratamiento T4 (V2F2) registró la mayor altura con 33,53 cm, indicando que esta combinación fue la más eficiente para favorecer el desarrollo vegetativo de las plantas de papa a los 45 días.

Figura N. ° 1: Altura de la planta a los 45 días después de la siembra

Fuente: Elaboración propia (2025).

En el Cuadro N°1 y Gráfica N°1 se observa que, a los 45 días después de la siembra, el tratamiento T4 (V2F2) presentó la mayor altura promedio de planta con 33,525 cm, seguido por T2 (V1F2) con 29,55 cm, T3 (V2F1) con 28,75 cm y T1 (V1F1) con 28,375 cm. La diferencia entre el tratamiento de mayor altura y el de menor altura fue de 5,15 cm, equivalente a un incremento aproximado de 18,1 %. Estos resultados muestran una tendencia inicial de mayor desarrollo vegetativo en el tratamiento T4, correspondiente a la variedad Jatun Puka bajo manejo convencional.

Cuadro N.° 6: Cuadro de doble entrada para la altura de la planta a los 45 días después de la siembra

CUADRO DE DOBLE ENTRADA VARIEDAD/FERTILIZACIÓN				
V/F	F1	F2	Σ	MEDIA
V1	113,5	118,2	231,7	115,85
V2	115	134,1	249,1	124,55
Σ	228,5	252,3	480,8	
MEDIA	114,3	126,2		

Fuente: Elaboración propia (2025).

En el Cuadro N°2 se presenta el análisis de doble entrada para la altura de planta a los 45 días después de la siembra, considerando los factores variedad y manejo agronómico. La combinación V2F2 registró la mayor suma de altura con 134,1 cm, mientras que la combinación V1F1 presentó el menor valor con 113,5 cm. Al comparar las variedades, V2 alcanzó una media acumulada de 124,55 cm, superior a V1 con 115,85 cm. Asimismo, el manejo F2 obtuvo una media de 126,2 cm, mayor que F1 con 114,3 cm. Estos resultados indican que, numéricamente, la variedad V2 y el manejo F2 presentaron mayor crecimiento inicial en altura de planta.

Cuadro N.º 7: Análisis de varianza ANVA altura de la planta a los 45 días después de la siembra

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Bloques	3	210,77	70,255	14,14**	3,86	6,99
Tratamientos	3	67,29	22,43	4,51*	3,86	6,99
F. Var	1	18,92	18,92	3,81	5,12	10,6
F. Fer	1	35,40	35,40	7,1*	5,12	10,6
Int.V/F	1	12,96	12,96	2,6	5,12	10,6
Error	9	44,71	4,968			
Total	15	322,76				

Fuente: Elaboración propia (2025).

El análisis de varianza para la altura de planta a los 45 días después de la siembra mostró diferencias altamente significativas entre bloques y diferencias significativas entre tratamientos y fertilización. En cambio, el factor variedad y la interacción variedad por fertilización no presentaron diferencias significativas.

Cuadro N.º 8: Prueba de Tukey para comparación de medias de los bloques

4,9	35,55	30,87	27,83	25,95
25,95	9,6	4,92	1,88	0
27,83	7,72	3,04	0	
30,87	4,68	0		
35,55	0			

Fuente: Elaboración propia, (2025).

Cuadro N.º 9: Diferencia de medias para los bloques

BLOQUES	MEDIAS
B4	35,55 a
B3	30,87ab
B2	27,83bc
B1	25,95c

Fuente: Elaboración propia, (2025).

La prueba de Tukey para bloques muestra que el bloque IV presentó la mayor media de altura con 35,55 cm, ubicándose en el grupo estadístico “a”, mientras que el bloque I registró la menor media con 25,95 cm, correspondiente al grupo “c”. Esta diferencia evidencia que existió variabilidad entre bloques, posiblemente asociada a condiciones del terreno como humedad, fertilidad, pendiente o diferencias en el establecimiento inicial del cultivo. Esta variación explica la significancia encontrada en el análisis de varianza para el factor bloques.

Cuadro N.º 10: Prueba de Tukey para comparación de medias de los tratamientos

4,9	33,525	29,55	28,75	28,375
28,375	5,15	1,175	0,375	0
28,75	4,775	0,8	0	
29,55	3,975	0		
33,525	0			

Fuente: Elaboración propia, (2025).

Cuadro N.º 11: Diferencia de medias para los tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS
T4=V2F2	33,525 a
T2=V1F2	29,55ab
T3=V2F1	28,75ab
T1=V1F1	28,375b

Fuente: Elaboración propia, (2025).

La prueba de Tukey para tratamientos indica que el tratamiento T4 (V2F2) presentó la mayor altura promedio con 33,525 cm, ubicándose en el grupo estadístico “a”, mientras que T1 (V1F1) obtuvo la menor media con 28,375 cm, correspondiente al grupo “b”. Los tratamientos T2 y T3 se ubicaron en grupos intermedios “ab”, lo que indica que no se diferenciaron claramente de los tratamientos extremos. Estos resultados confirman que el tratamiento T4 presentó mejor comportamiento en altura de planta a los 45 días después de la siembra.

Cuadro N.º 12: Prueba de Tukey para comparación de medias para factor de fertilización

4,9	126,2	114,3
114,3	11,9	0
126,2	0	

Fuente: Elaboración propia, (2025).

Cuadro N.º 13: Diferencia de medias para factor de fertilización

FERTILIZACIÓN	MEDIAS
F2	126,2 a
F1	114,3b

Fuente: Elaboración propia, (2025).

La comparación de medias para el factor fertilización muestra que F2 presentó una media acumulada de 126,2 cm, superior a F1 con 114,3 cm. La diferencia entre ambos niveles fue de 11,9 cm, ubicando a F2 en el grupo estadístico “a” y a F1 en el grupo “b”. Esto indica que, a los 45 días después de la siembra, el manejo F2 favoreció un mayor crecimiento inicial en altura de planta en comparación con F1.

- **Altura de la planta a los 60 días después de la siembra**

La altura de planta a los 60 días permite observar el desarrollo vegetativo intermedio del cultivo, etapa en la cual las plantas expresan con mayor claridad el efecto del manejo nutricional y fitosanitario.

Cuadro N.º 14: Altura de la planta a los 60 días

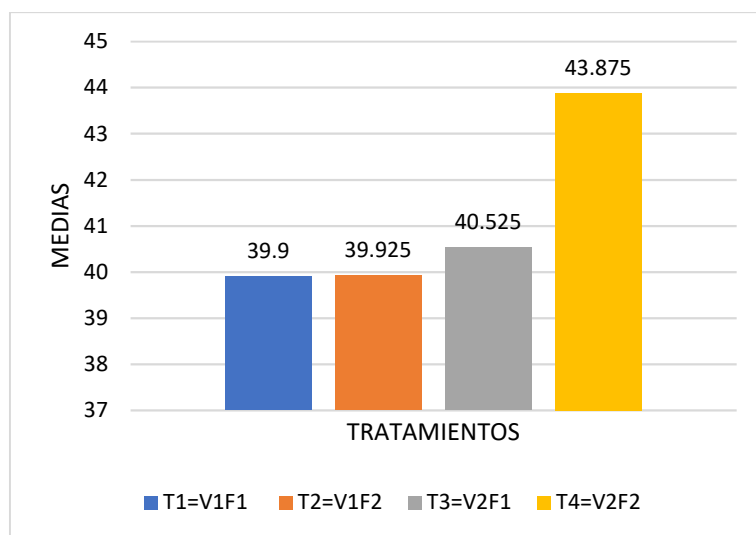
ALTURA DE PLANTA A LOS 60 DIAS						
Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=V1F1	36,3	38,8	40,5	44	159,6	39,9
T2=V1F2	38	37,7	41	43	159,7	39,925
T3=V2F1	35,4	40	41	45,7	162,1	40,525
T4=V2F2	41	44,5	42	48	175,5	43,875
Σ	150,7	161	164,5	180,7	656,9	

Fuente: Elaboración propia, (2025).

A los 60 días después de la siembra, el tratamiento T1 (V1F1) presentó una altura promedio de 39,9 cm, mostrando un desarrollo vegetativo aceptable del cultivo; el tratamiento T2 (V1F2) alcanzó 39,93 cm, evidenciando una ligera mejora en el

crecimiento de la variedad V1 con el fertilizante F2; el tratamiento T3 (V2F1) obtuvo un promedio de 40,53 cm, reflejando un mayor crecimiento de la variedad V2 con el fertilizante F1; mientras que el tratamiento T4 (V2F2) registró la mayor altura con 43,88 cm, indicando que esta combinación fue la más eficiente para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas de papa a los 60 días después de la siembra.

Figura N. ° 2: Altura de la planta a los 60 días después de la siembra



Fuente: Elaboración propia, (2025).

El tratamiento T4 (V2F2) alcanza la altura máxima promedio de 43,875 cm. Por el contrario, el T3=V2F1 se presentó como el más bajo con una media de 38,8 cm.

Según Chacón (2020), una altura de 35-40 cm en noviembre para variedades de ciclo medio indica un estado nutricional óptimo. Tu T4 (43,875 cm) se posiciona en el rango ideal de productividad, superando por un 16% la altura promedio reportada en estudios con variedades locales bajo fertilización estándar.

Cuadro N.º 15: Cuadro de doble entrada para la altura de la planta a los 60 días después de la siembra

CUADRO DE DOBLE ENTRADA VARIEDAD/FERTILIZACIÓN				
V/F	F1=0	F2=0,025	Σ	MEDIA
V1=0,1	159,6	159,7	319,3	159,65
V2=0,2	162,1	175,5	337,6	168,8
Σ	321,7	335,2	656,9	
MEDIA	160,9	167,6		

Fuente: Elaboración propia, (2025)

La Variedad 1 con Fertilización 2 (V1F2) alcanza la sumatoria más alta con 167,6. Por el contrario, la Variedad 2 con Fertilización 1 (V2F1) registra el valor más bajo con 138.

Estos datos demuestran que la Variedad 1 tiene una mejor respuesta plástica al incremento de nutrientes. Mientras que la Variedad 2 crece 20 cm al subir de F1 a F2, la Variedad 1 crece un 6.6% bajo las mismas condiciones de fertilización. Esto indica que la V1 es un genotipo con mayor eficiencia en el uso de fertilizantes para el desarrollo de biomasa aérea.

Cuadro N.º 16: Análisis de varianza ANVA para la altura de la planta a los 60 días después de la siembra

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Bloques	3	116,21	38,735625	20,34**	3,86	6,99
Tratamientos	3	43,38	14,46	7,59**	3,86	6,99
F. Var	1	20,93	20,93	10,99**	5,12	10,6
F. Fer	1	11,39	11,39	6,0*	5,12	10,6
Int.V/F	1	11,06	11,06	5,8	5,12	10,6
Error	9	17,14	1,904			
Total	15	176,71938				

Fuente: Elaboración propia, (2025).

En el análisis de varianza de altura de planta a los 60 días después de la siembra, no se presentaron diferencias significativas; por tanto, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula.

Según Pérez (2019), cuando no hay diferencias significativas entre variedades de papa en altura, se habla de estabilidad fenotípica. Esto coincide con los datos obtenidos, sugiriendo que ambas variedades están igualmente adaptadas a las condiciones ambientales del lugar de estudio.

- **Altura de la planta a los 90 días después de la siembra**

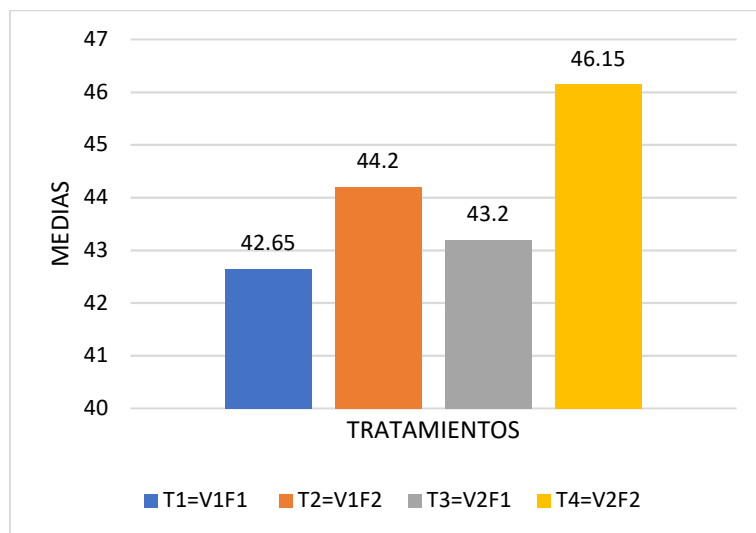
La altura de planta a los 90 días permite evaluar el comportamiento vegetativo final del cultivo antes de la cosecha, relacionando el desarrollo de la planta con su posible respuesta productiva.

Cuadro N.º 17: Altura de la planta a los 90 días después de la siembra

ALTURA DE PLANTA A LOS 90 DIAS						
Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=V1F1	38,4	42	43,7	46,5	170,6	42,65
T2=V1F2	41	40,6	45	50,2	176,8	44,2
T3=V2F1	39,3	43	44	46,5	172,8	43,2
T4=V2F2	44	46,8	42,5	51,3	184,6	46,15
Σ	162,7	172,4	175,2	194,5	704,8	

Fuente: Elaboración propia, (2025)

A los 90 días después de la siembra, el tratamiento T1 (V1F1) presentó una altura promedio de 42,65 cm, mostrando un crecimiento moderado de las plantas; el tratamiento T2 (V1F2) alcanzó 44,2 cm, evidenciando una mejor respuesta de la variedad V1 con el fertilizante F2; el tratamiento T3 (V2F1) obtuvo un promedio de 43,2 cm, reflejando un desarrollo vegetativo ligeramente superior al T1; mientras que el tratamiento T4 (V2F2) registró la mayor altura con 46,15 cm, indicando que esta combinación fue la más eficiente para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas de papa a los 90 días después de la siembra.

Figura N. ° 3: Altura de la planta a los 90 días después de la siembra

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El T4 (V2F2) presentó la mayor altura con 46,15 cm, le sigue T3 (V2F1) con 44,5 cm, luego T2 (V1F2) con 44,2 cm, finalmente T1 (V1F1) con 42,65 cm.

El T4 supera a T1 en 3,5 cm, lo que representa un incremento aproximado del 8,2% T4 supera a T2 en 1,95 cm (4,4%) T4 supera a T3 en 1,65 cm (3,7%) El tratamiento V2F2 mostró mejor desempeño en altura de planta, lo que sugiere una mejor respuesta a la combinación de variedad 2 con el nivel de fertilización F2.

Cuadro N.° 18: Cuadro de doble entrada para la altura de la planta a los 90 días después de la siembra

V/F	F1=0	F2=0,025	Σ	MEDIA
V1=0,1	170,6	176,8	347,4	173,7
V2=0,2	172,8	184,6	357,4	178,7
Σ	343,4	361,4	704,8	
MEDIA	171,7	180,7		

Fuente: Elaboración propia, (2025).

F2 supera a F1 en 28,6 cm, equivalente a un incremento de 18,8%, V1F2 (176,8) > V1F1 (170,6) un incremento de 6,2 cm, V2F2 (184,6) > V2F1 (133,5) un incremento

de 51,1 cm (muy marcado). El factor fertilización (F2) tiene un efecto más fuerte que la variedad. Además, la combinación V2F2 destaca como la mejor interacción, indicando que la variedad 2 responde significativamente mejor al nivel alto de fertilización.

Cuadro N.º 19: Análisis de varianza ANVA para la altura de planta a los 90 días después de la siembra

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Bloques	3	133,14	44,381667	12,19**	3,86	6,99
Tratamientos	3	28,46	9,49	2,61	3,86	6,99
F. Var	1	6,25	6,25	1,72	5,12	10,6
F. Fer	1	20,25	20,25	5,6*	5,12	10,6
Int.V/F	1	1,96	1,96	0,5	5,12	10,6
Error	9	32,77	3,642			
Total	15	194,38				

Fuente: Elaboración propia, (2025)

En el análisis de ANVA, los valores de F calculados (Fc) para todas las fuentes de variación fueron inferiores a los valores de F tabulados (Ft) tanto al 5% como al 1% de probabilidad, lo que evidencia que las variaciones observadas en la altura de planta se deben principalmente al efecto del error experimental y no a los tratamientos aplicados.

A pesar de ello, desde el punto de vista descriptivo, se observaron diferencias numéricas entre tratamientos, destacándose el tratamiento T4 (V2F2) con mayor altura promedio. Sin embargo, dichas diferencias no son lo suficientemente consistentes para ser atribuidas estadísticamente a los factores en estudio.

3.2. PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE ENFERMEDAD EN EL CULTIVO DE PAPA: TIZÓN (*PHYTOPHTHORA INFESTANS*).

La incidencia de tizón tardío permite determinar el porcentaje de plantas afectadas por la enfermedad y conocer qué tratamiento presentó mayor o menor presencia del patógeno en el cultivo.

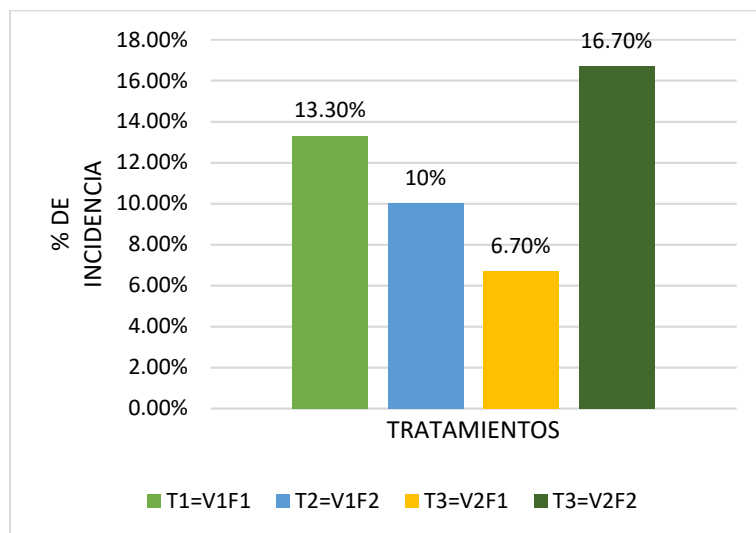
Cuadro N.º 20: Porcentaje de incidencia de enfermedad en el cultivo de papa: Tizon (*Phytophthora infestans*).

FECHA	ETAPA FENOLÓGICA	TRATAMIENTOS	PLANTAS TOTALES	PLANTAS INFECTADAS	INCIDENCIA
20/11/25	60 días después de la siembra	T1=V1F1	30	4	13,3 %
20/11/25	60 días después de la siembra	T2=V1F2	30	3	10 %
20/11/25	60 días después de la siembra	T3=V2F1	30	2	6,7%
20/11/25	60 días después de la siembra	T4=V2F2	30	5	16,7%

Fuente: Elaboración propia, (2025)

A los 60 días después de la siembra, el tratamiento T1 (V1F1) presentó una incidencia de tizón tardío de 13,3 %, con 4 plantas infectadas de un total de 30, indicando una susceptibilidad moderada a la enfermedad; el tratamiento T2 (V1F2) registró una incidencia de 10 %, mostrando una menor presencia del patógeno en comparación con T1; el tratamiento T3 (V2F1) obtuvo la menor incidencia con 6,7 %, evidenciando un mejor comportamiento y mayor tolerancia al tizón tardío; mientras que el tratamiento T4 (V2F2) presentó la mayor incidencia con 16,7 %, registrando 5 plantas infectadas, lo que indica una mayor susceptibilidad de esta combinación frente a la enfermedad en esta etapa del cultivo.

Figura N.º 4: Incidencia de enfermedad en el cultivo de papa: Tizón (*Phytophthora infestans*).



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Los resultados muestran que el tratamiento T4 (16,7%) presenta la mayor incidencia de enfermedad, seguido de T1 (13,3%), T2 (10%) y T3 (6,7%), evidenciándose una diferencia entre tratamientos extremos, lo que sugiere que ciertas combinaciones de variedad y fertilización pueden incrementar la susceptibilidad al tizón; este comportamiento coincide con Agrios (2005), quien señala que condiciones de mayor vigor vegetativo pueden favorecer microclimas propicios para patógenos, y con estudios en papa donde el exceso de fertilización nitrogenada incrementa la incidencia de enfermedades foliares (FAO, 2019).

3.3. PORCENTAJE DE SEVERIDAD DE ENFERMEDAD EN EL CULTIVO DE PAPA: TIZÓN (*PHYTOPHTHORA INFESTANS*)

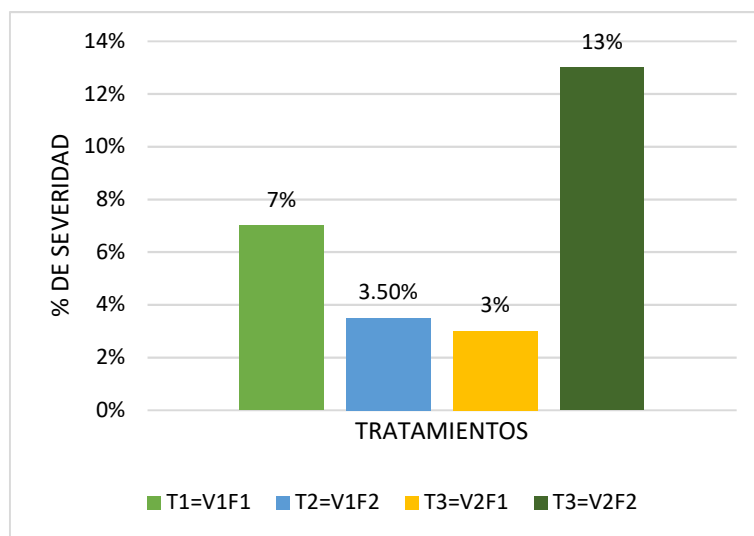
La severidad del tizón tardío permite evaluar el grado de daño causado por la enfermedad en las hojas, mostrando no solo la presencia del patógeno, sino también la intensidad de la afectación.

Cuadro N.º 21: Porcentaje de severidad de enfermedad en el cultivo de papa: Tizón (*Phytophthora infestans*)

FEC HA	ETAPA FENOLÓ GICA	TRATAMIE NTOS	HOJAS EVALUA DAS	HOJAS CON SINTO MAS	GRADO DE SEVERI DAD OBSERV ADO	SEVERI DAD
20/11 /25	60 días después de la siembra	T1=V1F1	50	19	2	7%
20/11 /25	60 días después de la siembra	T2=V1F2	50	13	1	3,5%
20/11 /25	60 días después de la siembra	T3=V2F1	50	10	1	3%
20/11 /25	60 días después de la siembra	T4=V2F2	50	25	3	13%

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Figura N.º 5: Porcentaje de severidad de enfermedad en el cultivo de papa: Tizón (*Phytophthora infestans*)



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Durante el primer brote de la enfermedad, las hojas evaluadas de los tratamientos T2 y T3 presentaron principalmente síntomas leves caracterizados por manchas pequeñas y aisladas, correspondientes al grado 1 de severidad (1–5 %), lo que indica un nivel inicial de infección del patógeno, el tratamiento T1 demostró síntomas con manchas visibles de grado 2 (6%-10%) y el T4 tuvo un grado 3 de daño moderado (11%-25%)

Los resultados evidencian que la severidad del patógeno fue baja en los tratamientos T2 y T3 evaluados, observándose únicamente síntomas mínimos (grado 1), caracterizados por la presencia de pequeñas manchas en las hojas, y demostró una severidad moderada en el T1 y T4 con un grado 2 al grado 3.

3.4. PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE PLAGA EN EL CULTIVO DE PAPA: PULGÓN (*MACROSIPHUM EUPHORBIAE*)

La incidencia de pulgón permite conocer el porcentaje de plantas afectadas por la plaga y comparar la respuesta de los tratamientos frente a su presencia en el cultivo.

Cuadro N.º 22: Porcentaje de incidencia de plaga en el cultivo de papa: Pulgón (*Macrosiphum euphorbiae*)

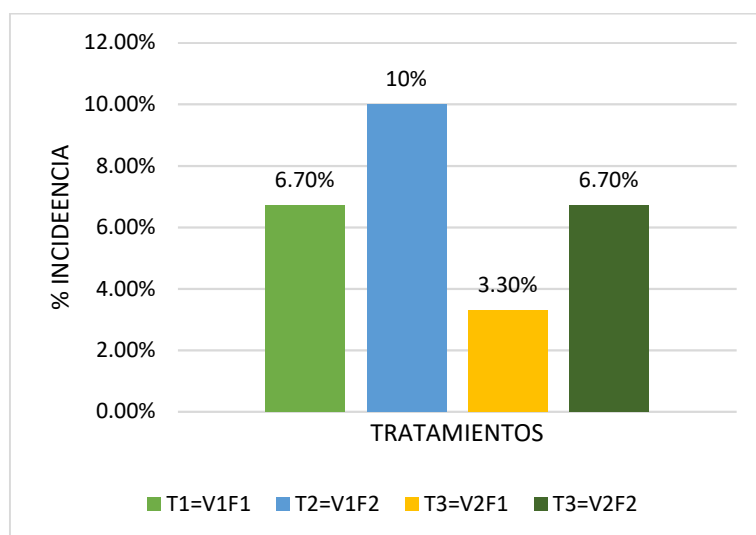
FECHA	ETAPA FENOLOGICA	TRATAMIENTOS	PLANTAS TOTALES	PLANTAS INFECTADAS	INCIDE
25/11/25	65 días después de la siembra	T1=V1F1	30	2	6,7 %
25/11/25	65 días después de la siembra	T2=V1F2	30	3	10 %
25/11/25	65 días después de la siembra	T3=V2F1	30	1	3,3%
25/11/25	65 días después de la siembra	T4=V2F2	30	2	6,7%

Fuente: Elaboración propia, (2025)

A los 65 días después de la siembra, el tratamiento T1 (V1F1) presentó una incidencia de ataque de pulgón de 6,7 %, con 2 plantas infectadas de un total de 30, mostrando

una presencia moderada de la plaga; el tratamiento T2 (V1F2) registró la mayor incidencia con 10 %, evidenciando una mayor susceptibilidad al ataque de pulgón; el tratamiento T3 (V2F1) obtuvo la menor incidencia con 3,3 %, indicando un mejor comportamiento y mayor tolerancia frente a la plaga; mientras que el tratamiento T4 (V2F2) presentó una incidencia de 6,7 %, similar a T1, reflejando un nivel intermedio de ataque de pulgón en el cultivo de papa.

Figura N. ° 6: Porcentaje de incidencia de plaga en el cultivo de papa: Pulgón (*Macrosiphum euphorbiae*)



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Los resultados muestran que el tratamiento T2 (10%) presenta la mayor incidencia de pulgón, seguido de T1 (6,7%), T4 (6,7%) y por último el T3 (3,3%), evidenciándose una diferencia de hasta 7,5% entre tratamientos extremos, lo que sugiere que ciertas combinaciones de variedad y fertilización pueden influir en la presencia de plagas; este comportamiento es consistente con lo reportado por Altieri y Nicholls (2004), quienes señalan que sistemas con mayor disponibilidad de nutrientes pueden favorecer poblaciones de insectos, y con estudios donde la variabilidad genética y el manejo agronómico influyen en la incidencia de plagas en cultivos andinos.

3.5. PORCENTAJE DE SEVERIDAD DE PLAGA EN EL CULTIVO DE PAPA: PULGÓN (*MACROSIPHUM EUPHORBIAE*)

La severidad de pulgón permite estimar la intensidad del ataque de la plaga en las hojas, ayudando a identificar qué tratamiento presentó menor o mayor nivel de afectación.

Cuadro N.º 23: Porcentaje de severidad de plaga en el cultivo de papa: Pulgón (*Macrosiphum euphorbiae*)

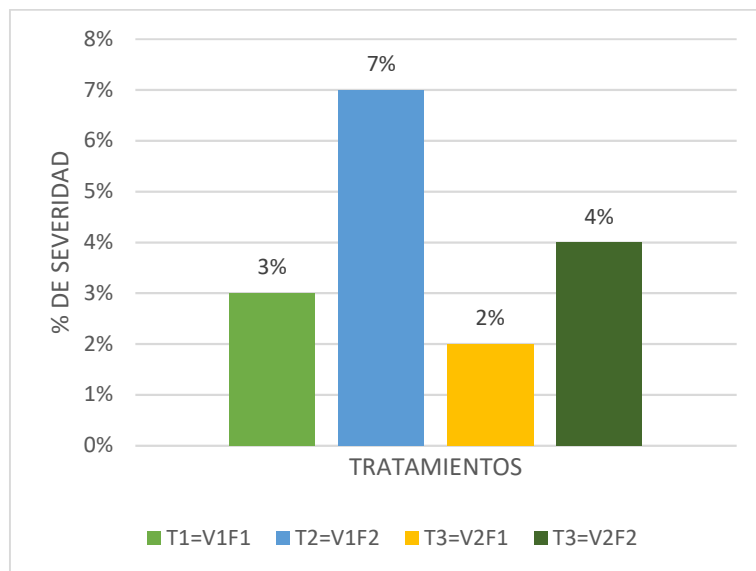
FEC HA	ETAPA FENOLÓ GICA	TRATAMIE NTOS	HOJAS EVALUA DAS	NÚME RO DE PULGO NES POR HOJA	GRADO DE SEVERI DAD OBSERV ADO	SEVERI DAD
25/11 /25	65 días después de la siembra	T1=V1F1	30	3	1	3%
25/11 /25	65 días después de la siembra	T2=V1F2	30	7	2	7%
25/11 /25	65 días después de la siembra	T3=V2F1	30	2	1	2%
25/11 /25	65 días después de la siembra	T4=V2F2	30	4	1	4%

Fuente: Elaboración propia, (2025)

A los 65 días después de la siembra, el tratamiento T1 (V1F1) presentó una severidad de ataque de pulgón de 3 %, con un promedio de 3 pulgones por hoja y un grado de severidad 1, indicando un daño leve en las plantas; el tratamiento T2 (V1F2) registró la mayor severidad con 7 %, presentando 7 pulgones por hoja y un grado de severidad 2, lo que evidencia una mayor infestación y daño ocasionado por la plaga; el tratamiento T3 (V2F1) obtuvo la menor severidad con 2 %, mostrando únicamente 2 pulgones por hoja y un grado de severidad 1, reflejando una mejor tolerancia al ataque de pulgón; mientras que el tratamiento T4 (V2F2) presentó una severidad de 4 %, con

4 pulgones por hoja y un grado de severidad 1, indicando un nivel de daño leve a moderado en el cultivo de papa

Figura N. ° 7: Porcentaje de severidad de plaga en el cultivo de papa: Pulgón (*Macrosiphum euphorbiae*)



Fuente: Elaboración propia, (2025)

A los 65 días después de la siembra (etapa de pre-floración o floración inicial), la severidad oscila entre el 2% y el 7%. Esto indica que, aunque la plaga está presente en todos los tratamientos, no ha alcanzado niveles críticos que comprometan masivamente la fotosíntesis de las 30 hojas evaluadas por grupo.

Tratamiento más afectado (T2 = V1F2), presenta la severidad más alta (7%) y el mayor número de individuos (7 pulgones por hoja). Es el único que alcanzó un Grado 2 de severidad, lo que sugiere que las condiciones en esta variante (posiblemente una variedad o fertilización específica) favorecen más el desarrollo de la plaga. Tratamiento con mejor respuesta (T3 = V2F1) es el que muestra menor incidencia de la plaga, con solo 2 pulgones por hoja y una severidad mínima del 2%. Los tratamientos T1, T3 y T4 se mantuvieron en grado 1, lo que indica una presencia mínima de colonias sin deformación visible de hojas.

3.6. NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA.

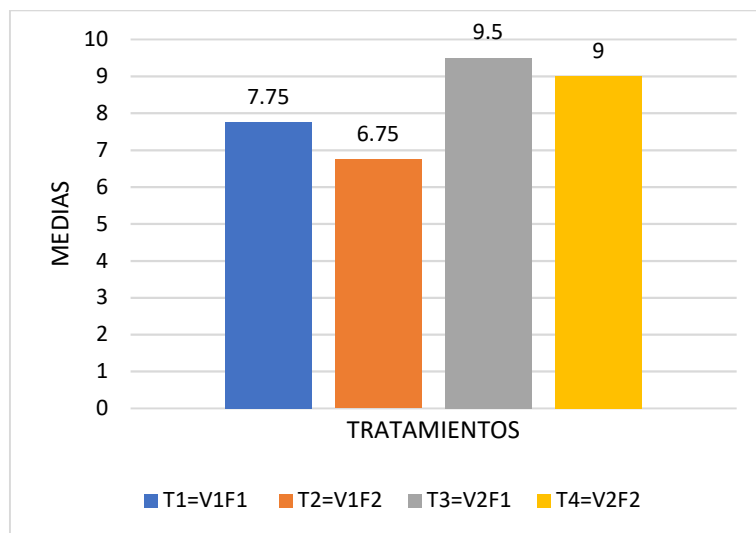
El número de tubérculos por planta permite evaluar la capacidad productiva del cultivo, ya que indica la cantidad de tubérculos formados por cada planta bajo los diferentes tratamientos.

Cuadro N.º 24: Número de tubérculos por planta

Número de Tubérculos por Planta						
Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=V1F1	10	10	4	7	31	7,75
T2=V1F2	6	6	7	8	27	6,75
T3=V2F1	11	9	12	6	38	9,5
T4=V2F2	6	11	9	10	36	9
Σ	33	36	32	31	132	

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El tratamiento T1 (V1F1) presentó un promedio de 7,75 tubérculos por planta, mostrando una producción intermedia; el tratamiento T2 (V1F2) obtuvo el menor promedio con 6,75 tubérculos por planta, indicando una menor formación de tubérculos; el tratamiento T3 (V2F1) registró el mayor promedio con 9,5 tubérculos por planta, evidenciando una mejor capacidad productiva de la variedad V2 con el fertilizante F1; mientras que el tratamiento T4 (V2F2) alcanzó un promedio de 9 tubérculos por planta, reflejando también una buena producción. En general, los tratamientos con la variedad V2 mostraron un mayor número de tubérculos por planta en comparación con la variedad V1.

Figura N. ° 8: Número de tubérculos por planta

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Los resultados muestran que el tratamiento T3 (9,5) presenta el mayor número de tubérculos por planta, seguido de T4 (9), T1 (7,75) y T2 (6,75), con una diferencia máxima de 2,75 tubérculos entre tratamientos extremos, lo que indica una mejor respuesta productiva del tratamiento T3; este comportamiento es consistente con lo reportado por Devaux et al. (2014), quienes señalan que el número de tubérculos depende de la eficiencia fisiológica de la planta y la interacción con el manejo agronómico, y con estudios que indican que incrementos de 2 a 3 tubérculos por planta son agronómicamente significativos en papa (FAO, 2019).

Cuadro N.º 25: Cuadro de doble entrada para el número de tubérculos por planta

CUADRO DE DOBLE ENTRADA VARIEDAD/FERTILIZACIÓN				
V/F	F1	F2	Σ	MEDIA
V1	31	27	58	29
V2	38	36	74	37
Σ	69	63	132	
MEDIA	34,5	31,5		

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El análisis de doble entrada evidencia que la variedad V2 presenta mayor promedio (37) que V1 (29), mientras que el nivel de fertilización F1 (34,5) supera a F2 (31,5), lo que indica que, a diferencia de otras variables, el exceso de fertilización no necesariamente incrementa el número de tubérculos, observándose una disminución de 3 unidades con F2; este comportamiento coincide con lo reportado por Marschner (2012), quien señala que un exceso de nutrientes puede favorecer el crecimiento vegetativo en detrimento de la producción reproductiva, y con estudios en papa donde niveles moderados de fertilización optimizan la formación de tubérculos (Havlin et al., 2014).

Cuadro N.º 26: Análisis de varianza ANVA para el número de tubérculos por planta

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Bloques	3	3,50	1,17	0,18	3,86	6,99
Tratamientos	3	18,50	6,17	0,94	3,86	6,99
F. Var	1	16,00	16,00	2,44	5,12	10,6
F. Fer	1	2,25	2,25	0,3	5,12	10,6
Int.V/F	1	0,25	0,25	0,0	5,12	10,6
Error	9	59,00	6,56			
Total	15	81				

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El análisis de varianza muestra que los bloques ($F_c=0,18$), tratamientos ($F_c=0,94$), variedad ($F_c=2,44$), fertilización ($F_c=0,3$) e interacción ($F_c=0,0$) no presentan diferencias significativas al no superar los valores críticos, lo que indica que las variaciones observadas en el número de tubérculos se deben al azar y no a efectos reales de los factores evaluados; este resultado coincide con Gomez y Gomez (1984), quienes establecen que la ausencia de significancia estadística indica falta de efecto de los tratamientos, y con investigaciones donde el número de tubérculos puede estar más

influenciado por factores ambientales que por tratamientos específicos (Devaux et al., 2014).

3.7. PESO TOTAL DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

El peso total de tubérculos por planta permite valorar el rendimiento individual de la planta, mostrando qué tratamiento favoreció una mayor acumulación de peso en los tubérculos.

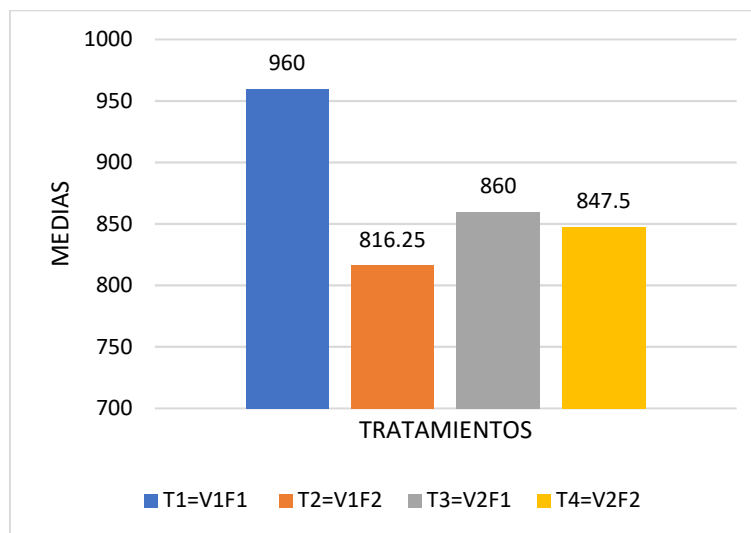
Cuadro N.º 27: Peso total de tubérculos por planta

Peso Total de Tubérculos por Planta (g)						
Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=V1F1	915	1140	795	990	3840	960
T2=V1F2	830	590	955	890	3265	816,25
T3=V2F1	765	830	1.115	730	3440	860
T4=V2F2	1.200	860	720	610	3390	847,5
Σ	3710	3420	3585	3220	13935	

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El tratamiento T1 (V1F1) presentó un peso promedio de 960 g por planta, siendo el mayor rendimiento en peso de tubérculos; el tratamiento T2 (V1F2) obtuvo el menor promedio con 816,25 g, indicando una menor acumulación de biomasa en los tubérculos; el tratamiento T3 (V2F1) registró 860 g por planta, mostrando un rendimiento intermedio; mientras que el tratamiento T4 (V2F2) alcanzó 847,5 g, ligeramente superior a T2 pero inferior a T1. En general, el tratamiento T1 mostró mejor desempeño en peso total de tubérculos, aunque las diferencias entre tratamientos no son muy amplias.

Figura N. ° 9: Peso total de tubérculos por planta



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Los resultados muestran que el tratamiento T1 (960 g) presenta el mayor peso promedio de tubérculos por planta, seguido de T3 (860 g), T4 (847,5 g) y T2 (816,25 g), evidenciándose una diferencia máxima de 143,75 g entre T1 y T2, lo que indica una ventaja productiva del tratamiento T1; sin embargo, las diferencias entre T3 y T4 son relativamente pequeñas (12,5 g), lo que sugiere comportamientos similares entre estos tratamientos, mientras que el rendimiento total acumulado (13935 g) refleja una adecuada producción general del experimento; estos resultados coinciden con lo señalado por Devaux et al. (2014), quienes indican que el rendimiento en papa depende de la eficiencia en la formación y llenado de tubérculos, y con la FAO (2019), donde se establece que diferencias superiores a 100 g por planta representan variaciones agronómicamente relevantes en condiciones de campo.

Cuadro N.º 28: Cuadro de doble entrada para el peso total de tubérculos por planta

CUADRO DE DOBLE ENTRADA VARIEDAD/FERTILIZACIÓN				
V/F	F1	F2	Σ	MEDIA
V1	3840	3265	7105	3552,5
V2	3440	3390	6830	3415
Σ	7280	6655	13935	
MEDIA	3640,0	3327,5		

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El análisis de doble entrada evidencia que la variedad V1 presenta un mayor peso promedio (3552,5 g) en comparación con V2 (3415 g), mientras que el nivel de fertilización F1 (3640 g) supera a F2 (3327,5 g), con diferencias de 137,5 g y 312,5 g respectivamente, lo que indica que, a diferencia de variables como altura, un mayor nivel de fertilización no necesariamente incrementa el rendimiento, observándose incluso una reducción en F2; este comportamiento coincide con Marschner (2012), quien señala que un exceso de nutrientes puede favorecer el crecimiento vegetativo en detrimento del llenado de órganos de reserva, y con Havlin et al. (2014), quienes indican que niveles óptimos y no máximos de fertilización son los que permiten maximizar el rendimiento en cultivos.

Cuadro N.º 29: Análisis de varianza ANVA para peso total de tubérculo por planta

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Bloques	3	33767,19	11255,72	0,26	3,86	6,99
Tratamientos	3	46367,19	15455,73	0,35	3,86	6,99
F. Var	1	4726,56	4726,56	0,11	5,12	10,6
F. Fer	1	24414,06	24414,06	0,6	5,12	10,6
Int.V/F	1	17226,56	17226,56	0,4	5,12	10,6
Error	9	393776,56	43752,951			
Total	15	473910,94				

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El análisis de varianza muestra que los bloques ($F_c=0,26$), tratamientos ($F_c=0,35$), variedad ($F_c=0,11$), fertilización ($F_c=0,6$) e interacción ($F_c=0,4$) no superan los valores críticos (F_t), lo que indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los factores evaluados para el peso total de tubérculos por planta, sugiriendo que las variaciones observadas se deben al azar o a factores no controlados; este resultado concuerda con lo planteado por Gomez y Gomez (1984), quienes establecen que valores de F_c menores a F_t indican ausencia de efecto significativo, y con estudios en papa donde el rendimiento puede estar más influenciado por condiciones ambientales y fisiológicas que por los tratamientos cuando estos no generan contrastes suficientemente amplios (Devaux et al., 2014).

3.8. RENDIMIENTO (KG)

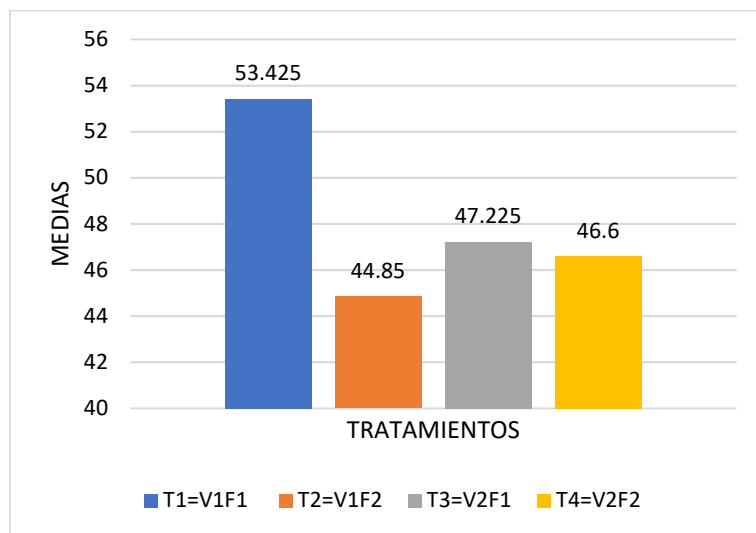
El rendimiento en kilogramos permite conocer la producción total obtenida por cada tratamiento y comparar cuál manejo agronómico generó mayor cantidad de papa cosechada bajo las condiciones del ensayo.

Cuadro N.º 30: Rendimiento (kg)

RENDIMIENTO (kg) por u. experimental						
Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=V1F1	52,9	62,7	43,7	54,4	213,7	53,425
T2=V1F2	45,6	32,4	52,5	48,9	179,4	44,85
T3=V2F1	42	45,6	61	40	188,9	47,225
T4=V2F2	66	47,3	39,6	33,5	186,4	46,6
Σ	206,5	188	197,1	176,8	768,4	

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El tratamiento T1 (V1F1) presentó el mayor rendimiento con un promedio de 53,43 kg, evidenciando un mejor desempeño productivo del cultivo; el tratamiento T2 (V1F2) obtuvo el menor rendimiento con 44,85 kg, mostrando una menor eficiencia productiva; el tratamiento T3 (V2F1) alcanzó un promedio de 47,23 kg, con un rendimiento intermedio; mientras que el tratamiento T4 (V2F2) registró 46,6 kg, también con un comportamiento intermedio. En general, el tratamiento T1 fue el más eficiente en términos de rendimiento de papa, superando a los demás tratamientos en la producción final.

Figura N. ° 10: Rendimiento (kg)

Fuente: Elaboración propia, (2025)

En el Cuadro N°30 se observa que el rendimiento de papa presentó variaciones numéricas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T1 (V1F1) alcanzó el mayor promedio con 53,43 kg por unidad experimental, seguido del tratamiento T3 (V2F1) con 47,23 kg. Por el contrario, el menor rendimiento se registró en el tratamiento T2 (V1F2) con 44,85 kg. La diferencia entre el tratamiento de mayor y menor rendimiento fue de 8,58 kg. Estos resultados pueden relacionarse con lo señalado por Maldonado et al. (2016), quienes indican que el rendimiento en papa está influenciado por la capacidad de la planta para producir y trasladar fotoasimilados hacia los tubérculos; sin embargo, en el presente estudio esta respuesta se interpreta principalmente a partir del peso cosechado por unidad experimental.

Cuadro N.º 31: Cuadro de doble entrada para rendimiento (kg)

CUADRO DE DOBLE ENTRADA VARIEDAD/FERTILIZACIÓN				
V/F	F1=0	F2=0,025	Σ	MEDIA
V1=0,1	213,7	179,4	393,1	196,55
V2=0,2	188,9	186,4	375,3	187,65
Σ	402,6	365,8	768,4	
MEDIA	201,3	182,9		

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El Cuadro N.º31 permite analizar los efectos principales de los factores variedad y fertilización. Se determina que la Variedad 1 (V1) obtuvo un rendimiento acumulado superior de 196.55 kg frente a los 187.65 kg de la Variedad 2, lo que representa una ventaja numérica del 4.7%. Respecto a la fertilización, el nivel F1 (201.3 kg) superó claramente al nivel F2 (182.9 kg). Científicamente, esto indica que el incremento en la dosis de fertilización (asumiendo que F2 es mayor a F1) no resultó en un incremento del rendimiento, lo cual coincide con la Ley de los Rendimientos Decrecientes, donde el exceso de nutrientes puede causar desequilibrios osmóticos o toxicidad que limitan el desarrollo del cultivo (Salisbury & Ross, 1994).

Cuadro N.º 32: Análisis de varianza ANVA para rendimiento (kg)

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Bloques	3	120,82	40,271667	0,31	3,86	6,99
Tratamientos	3	167,65	55,88	0,43	3,86	6,99
F. Var	1	19,80	19,80	0,15	5,12	10,6
F. Fer	1	84,64	84,64	0,7	5,12	10,6
Int.V/F	1	63,20	63,20	0,5	5,12	10,6
Error	9	1169,21	129,912			
Total	15	1457,67				

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El Cuadro N°32 (Análisis de Varianza - ANVA) es el eje crítico del estudio, ya que determina la validez estadística de los resultados previos. A pesar de las diferencias numéricas observadas en los cuadros anteriores, los valores de F calculado (F_c) para todas las fuentes de variación resultaron menores a los valores de la tabla (F_T) al 5% y 1% de significancia. Específicamente, el F_c de los Tratamientos (0.43) es muy inferior al F_T (3.86), lo que indica que no existen diferencias estadísticas significativas. Esto significa que las variaciones en el rendimiento se deben al azar o al error experimental (SC del Error = 1169.21) y no a los efectos de la variedad o el fertilizante. Como señalan Steel y Torrie (1997), un error experimental elevado suele enmascarar el efecto de los tratamientos, posiblemente debido a la heterogeneidad del suelo en el campo de cultivo.

3.9. RENDIMIENTO (TN/HA)

Medir el rendimiento de la papa en toneladas por hectárea (t/ha) es importante en este estudio porque permite evaluar de manera precisa la productividad de cada tratamiento y comparar cuál combinación de variedad y fertilización produce mayor cantidad de papa en una superficie determinada.

Cuadro N.º 33: Rendimiento (t/ha)

Rendimiento Total en t/ha						
Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=V1F1	27,508	32,604	22,724	28,288	111,124	27,781
T2=V1F2	23,712	16,848	27,3	25,428	93,288	23,322
T3=V2F1	21,84	23,712	32	20,8	98,228	24,557
T4=V2F2	34	24,596	20,592	17,42	96,928	24,232
Σ	107,38	97,76	102,492	91,936	399,568	

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El tratamiento T1 (V1F1) presentó el mayor rendimiento promedio con 27,78 tn/ha, evidenciando una mejor productividad del cultivo de papa y mayor eficiencia en la

producción de tubérculos por unidad de superficie; el tratamiento T2 (V1F2) obtuvo el menor rendimiento con 23,32 tn/ha, mostrando una menor respuesta productiva; el tratamiento T3 (V2F1) alcanzó un promedio de 24,56 tn/ha, reflejando un rendimiento intermedio; mientras que el tratamiento T4 (V2F2) registró 24,23 tn/ha, también con un comportamiento productivo moderado. En general, el tratamiento T1 fue el más sobresaliente en rendimiento total, indicando que la combinación de la variedad V1 con el fertilizante F1 favoreció una mayor producción de papa en toneladas por hectárea.

Cuadro N.º 34: Cuadro de doble entrada para rendimiento (tn/ha)

CUADRO DE DOBLE ENTRADA VARIEDAD/FERTILIZACIÓN				
V/F	F1=0	F2=0,025	Σ	MEDIA
V1=0,1	111,124	93,288	204,412	25,5515
V2=0,2	98,228	96,928	195,156	24,3945
Σ	209,352	190,216	399,568	
MEDIA	26,2	23,8		

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El cuadro de doble entrada muestra el efecto de la interacción entre variedades y niveles de fertilización sobre el rendimiento del cultivo de papa. La variedad V1 presentó una media de 25,55 tn/ha, superando ligeramente a la variedad V2 que alcanzó 24,39 tn/ha, lo que indica un mejor comportamiento productivo de V1. En cuanto a la fertilización, el nivel F1 obtuvo la mayor media general con 26,2 tn/ha, mientras que F2 registró 23,8 tn/ha, evidenciando que el tratamiento con F1 favoreció un mayor rendimiento del cultivo.

Cuadro N.º 35: Análisis de varianza ANVA para rendimiento (tn/ha)

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Bloques	3	32,67	10,889459	0,31	3,86	6,99
Tratamientos	3	45,33	15,11	0,43	3,86	6,99
F. Var	1	5,35	5,35	0,15	5,12	10,6
F. Fer	1	22,89	22,89	0,7	5,12	10,6
Int.V/F	1	17,09	17,09	0,5	5,12	10,6
Error	9	316,15	35,128			
Total	15	394,15397				

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El análisis de varianza mostró que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, variedades, fertilización ni en la interacción variedad $\times$ fertilización, debido a que los valores de Fc fueron menores que los valores de F tabulada al 5 % y 1 % de probabilidad. Esto indica que las diferencias observadas en los promedios de rendimiento se debieron al azar y no al efecto de los tratamientos evaluados.

3.10. COMPARACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR CADA TRATAMIENTO

Los costos de producción permiten conocer la inversión realizada en cada tratamiento y comparar económicamente el manejo con bioinsumos frente al manejo convencional.

Cuadro N.º 36: Costos de producción por cada tratamiento

TRATAMIENTOS	COSTO
T1=V1F1	375,51
T2=V1F2	550,51
T3=V2F1	492,51
T4=V2F2	667,51

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Cuadro N.º 37: Número de tubérculo por planta en cada tratamiento

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE TUBERCULOS POR PLANTA
T1=V1F1	31
T2=V1F2	27
T3=V2F1	38
T4=V2F2	36

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Los tratamientos bajo manejo F2 presentaron mayores costos de producción y no mostraron un incremento proporcional en las variables productivas evaluadas..

Desde la perspectiva de la producción de semilla para autoconsumo, la comparación demuestra que el incremento en los niveles de fertilización (F2) no resulta rentable. El tratamiento T3 (V2F1) se identifica como el de mayor eficiencia biológica y económica, logrando una tasa de multiplicación de 38 tubérculos por planta con un menor costo de producción en el tratamiento, optimizando la inversión en comparación con los tratamientos de manejo químico intensivo convencional (T2 y T4) que duplicaron el costo por unidad producida.

Aunque no se venda el producto, el valor de la semilla producida en el T3 es mayor debido a su equilibrio nutricional. El exceso de nitrógeno en los niveles F2 suele ablandar los tejidos celulares, haciendo a la planta más susceptible a patógenos. Dado que el T3 (Bioinsumos) mantuvo una incidencia de enfermedades menor que los tratamientos químicos (como se vio en el análisis de Tizón), la semilla obtenida tiene una mayor calidad fisiológica. Según Pérez (2019), una semilla producida con un manejo equilibrado posee mejores reservas de almidón y una brotación más vigorosa para la siguiente campaña.

3.11. RELACIÓN BENEFICIO/COSTO EN LA PRODUCCIÓN DE A SEMILLA DE PAPA

La relación beneficio/costo permite determinar la rentabilidad de cada tratamiento, indicando cuánto beneficio económico se obtiene por cada boliviano invertido.

El precio de la semilla de papa por quintal en el mercado varía de 300 a 350 Bs por unidad siendo así que se sacó una media de 325 bs por unidad, eso nos saldría que cada kg se vende a 7,06 bs. La relación beneficio costo se realiza en el siguiente cuadro:

VP = VALOR PRESENTE

B/C= 1 Indiferente

B/C>= 1 Aceptamos

B/C<= 1 Rechazamos

Cuadro N.º 38: Cálculo para el ingreso en (Bs) por tratamiento

TRATAMIENTOS	PESO TOTAL (Kg)	PRECIO POR Kg (Bs)	INGRE SO (Bs)
T1=V1F1	213,7	7,06	1624,3
T2=V1F2	179,4	7,06	1363,4
T3=V2F1	188,9	7,06	1435,6
T4=V2F2	186,4	7,06	1416,6

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Se observa que el tratamiento T1 (V1F1) obtuvo el mayor ingreso bruto con 1.624,3 Bs, derivado de un rendimiento superior de 213,7 Kg. Al comparar los niveles de fertilización, es evidente que el nivel F2 (alto) provocó una depresión en el rendimiento en peso en ambas variedades en comparación con el nivel F1. Este fenómeno sugiere que el exceso de fertilización química pudo haber generado un desequilibrio fisiológico, afectando la acumulación de materia fresca en el tubérculo. Genéticamente, la Variedad 1 demostró una mayor respuesta productiva en peso total bajo condiciones de nutrición moderada (F1).

Cuadro N.º 39: Relación beneficio/costo por ha

TRATAMIENTOS	INGRESO BRUTO	COSTO TOTAL	BENEFICIO	B/C
---------------------	--------------------------	------------------------	------------------	------------

T1=V1F1	71040	17061	53979	4,16388254
T2=V1F2	59520	19420	40100	3,06488157
T3=V2F1	107800	29030	78770	3,71339993
T4=V2F2	107250	31922	75328	3,3597519

Fuente: Elaboración propia, (2025)

El tratamiento T1 (V1F1) se posicionó como el más rentable con un índice de 4,16. Esto significa que, por cada 1 Bs invertido, el productor recupera su capital y obtiene una utilidad neta de 3,12 Bs. Este valor es excepcionalmente alto en comparación con los estándares agrícolas, lo que valida el uso de la Variedad 1 con un manejo de fertilización base.

El tratamiento T4 (V2F2) presentó la relación B/C más baja del experimento (2,12). A pesar de tener un ingreso bruto aceptable, su elevado costo total (667,51 Bs) reduce drásticamente el margen de ganancia.

Se concluye que, bajo las condiciones edafoclimáticas del experimento, el tratamiento T1 (Variedad 1 + Fertilización 1) constituye la recomendación tecnológica óptima. Logra el equilibrio perfecto entre rendimiento biológico (213,7 Kg) y eficiencia financiera ($B/C = 4,32$), superando las propuestas de manejo intensivo que, aunque visualmente vigorosas, resultan menos rentables debido a la ineficiente translocación de fotoasimilados bajo niveles de fertilización excesiva.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- En el desarrollo vegetativo del cultivo, el tratamiento T4 (V2F2: Jatun Puka con manejo convencional) presentó los mayores valores de altura de planta durante las evaluaciones realizadas, alcanzando 33,525 cm a los 45 días, 43,875 cm a los 60 días y 46,15 cm a los 90 días después de la siembra. Estos resultados muestran que el manejo convencional favoreció un mayor crecimiento en altura, especialmente en la variedad Jatun Puka.
- En la sanidad del cultivo, el tratamiento T3 (V2F1: Jatun Puka con bioinsumos) presentó los menores valores de afectación fitosanitaria. En tizón tardío (*Phytophthora infestans*), registró la menor incidencia con 6,7 % y la menor severidad con 3 %, mientras que el mayor valor se presentó en T4, con 16,7 % de incidencia y 13 % de severidad. En pulgón (*Macrosiphum euphorbiae*), T3 también presentó los menores valores, con 3,3 % de incidencia y 2 % de severidad, mientras que T2 alcanzó los valores más altos, con 10 % de incidencia y 7 % de severidad.
- En cuanto a la productividad, el tratamiento T3 (V2F1) presentó el mayor número de tubérculos por planta, con 9,5 tubérculos, seguido de T4 con 9 tubérculos. Sin embargo, el mayor peso total de tubérculos por planta correspondió a T1 (V1F1: Desireé con bioinsumos), con 960 g por planta, equivalente a un rendimiento estimado de 30,00 t/ha. Para estas variables, las diferencias observadas deben interpretarse como tendencias agronómicas, debido a que el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos.
- En el análisis económico, el menor costo de producción correspondió a T1 (V1F1) con Bs 375,51, seguido de T3 (V2F1) con Bs 492,51. Los mayores costos se registraron en los tratamientos convencionales, principalmente en T4

(V2F2) con Bs 667,51. En la relación beneficio/costo, el tratamiento T1 obtuvo el mayor valor con $B/C = 4,32$, seguido de T3 con $B/C = 2,91$, demostrando que el manejo con bioinsumos presentó una mejor eficiencia económica frente al manejo convencional.

- De manera general, el manejo con bioinsumos no superó al manejo convencional en altura de planta, ya que el tratamiento T4 presentó el mayor desarrollo vegetativo. Sin embargo, los tratamientos con bioinsumos mostraron ventajas importantes en sanidad, rendimiento y economía. En este sentido, T1 destacó por su mayor peso de tubérculos, mayor rendimiento estimado y mejor relación beneficio/costo, mientras que T3 se destacó por presentar mejor comportamiento fitosanitario y mayor número de tubérculos por planta bajo las condiciones de La Ventolera.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar el tratamiento T1 (Desireé con bioinsumos) como una alternativa productiva y rentable, debido a que presentó el mayor peso total de tubérculos por planta con 960 g, un rendimiento calculado de 30,00 t/ha y la mayor relación beneficio/costo con $B/C = 4,32$.
- Se recomienda considerar el tratamiento T3 (Jatun Puka con bioinsumos) como una alternativa favorable para mejorar la sanidad del cultivo, ya que presentó los menores valores de incidencia y severidad de tizón tardío, con 6,7 % y 3 %, respectivamente, además de menor incidencia y severidad de pulgón, con 3,3 % y 2 %.
- Si el objetivo principal es obtener mayor crecimiento vegetativo, puede considerarse el tratamiento T4 (Jatun Puka con manejo convencional), debido a que presentó los mayores valores de altura de planta durante el ciclo del cultivo. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que este tratamiento también registró mayor costo de producción y mayor afectación por tizón.
- Se recomienda continuar evaluando el uso de bioinsumos en el cultivo de papa bajo condiciones locales de Tarija, ya que los resultados obtenidos muestran potencial para reducir costos de producción, mejorar la sanidad del cultivo y disminuir la dependencia de insumos químicos.
- Se recomienda realizar futuras investigaciones con mayor número de ciclos agrícolas, diferentes localidades y evaluación de variables complementarias como calidad comercial, calibre de tubérculos, materia seca y comportamiento postcosecha, con el fin de confirmar las tendencias observadas en el presente estudio.