

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**EFFECTO DE CINCO DOSIS DE FERTIABONO (NPK + HUMUS DE LOMBRIZ) EN
EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD
AMARILIS EN EL CASERIO LLIMBE- LLACANORA-CAJAMARCA**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

ANGEL VILLANUEVA TERÁN

Asesor:

Dr. GLICERIO EDUARDO TORRES CARRANZA

CAJAMARCA – PERÚ

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Angel Villanueva Terán
DNI: N° 41141305
Escuela Profesional/Unidad UNC:
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
2. Asesor:
Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:

EFFECTO DE CINCO DOSIS DE FERTIABONO (NPK + HUMUS DE LOMBRIZ) EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD AMARILIS EN EL CASERIO LLIMBE – LLACANORA – CAJAMARCA

6. Fecha de evaluación: 10/03/2026
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 18%
9. Código Documento: oid: 3117-566041012
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 11/03/2026

Firma y/o Sello Emisor Constancia
 Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza DNI: 26602048

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



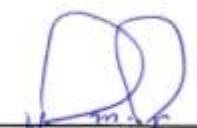
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintiséis días del mes de enero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 538-2025-FCA-UNC, de fecha 15 de setiembre del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFECTO DE CINCO DOSIS DE FERTIABONO (NPK + HUMUS DE LOMBRIZ) EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD AMARILIS EN EL CASERÍO LLIMBE - LLACANORA - CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **ANGEL VILLANUEVA TERÁN** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las doce horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.


Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
PRESIDENTE


Dr. Wilfredo Poma Rojas
SECRETARIO


Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL


Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza
ASESOR

DEDICATORIA

A mis Padres Walter y Leticia cimientos de mi vida, en especial a la persona que no perdió la fe en mí y siempre me impulso a seguir adelante Mi Madre Leticia Terán Chicchón, este logro también es suyo.

A mis hermanas quienes me motivaron constantemente para realizar mi tesis y culminar mi carrera.

Angel Villanueva Terán

AGRADECIMIENTO

Eterno agradecimiento a Dios y a Mi Madre por ser ese soporte incondicional, a mis hermanas Nena, Juani, Gladis y Rosa así mismo a mi esposa Karen por su apoyo durante mi carrera y la realización de este trabajo de investigación.

Especial agradecimiento al Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza, por ser guía en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mi querida Facultad de Agronomía, a cada uno de sus docentes y compañeros con los que compartí gratos momentos durante mi formación profesional, etapa muy linda de mi vida que los llevo dentro de mí.

Angel Villanueva Terán

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPITULO I	
INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPITULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.2 BASES TEÓRICAS	8
2.2.1 DOMESTICACIÓN DE LA PAPA.	8
2.2.2 ORIGEN DE LA PAPA PHUREJA.....	8
2.2.3 DISTRIBUCIÓN DE LA PAPA PHUREJA.	8
2.2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA PAPA PHUREJA.....	10
2.2.5 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PAPA	12
2.2.6 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO.....	15
2.2.7 LABORES CULTURALES DEL CULTIVO.....	16
2.2.8 PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	18
2.2.9 COSECHA.....	18
2.2.10 FERTILIZACIÓN	18
2.2.11 ABONAMIENTO ORGÁNICO.	20
2.2.12 LOMBRICOMPOST O VERMICOMPOST.....	21
2.2.13 RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA.....	24
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	27
2.3.1 ALELOS.....	27
2.3.2 DORMANCIA.....	27
2.3.3 FITOHORMONAS.....	27
2.3.4 QUELACIÓN	27
2.3.5 COSTOS DIRECTOS	28
2.3.6 COSTOS INDIRECTOS	28
2.3.7 COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN.....	28
2.3.8 UTILIDAD DE PRODUCCIÓN	28
2.3.9 ÍNDICE DE RENTABILIDAD	28
2.3.10 RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	28

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS	29
3.1 UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL	29
3.1 MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	30
3.1.1. MATERIALES	30
3.1.2. INSUMOS	31
3.1.3. EQUIPOS.....	31
3.1.4. HERRAMIENTAS.....	32
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.	32
3.4 TRATAMIENTOS	32
TABLA 6.....	32
3.5 MODELO ESTADÍSTICO.....	33
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
3.7 DIMENSIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL	33
3.7.1 BLOQUES	33
3.7.2 TRATAMIENTOS	34
3.7.3 CALLES.....	34
3.7.4 PASADIZOS	34
3.7.5 ÁREAS DEL EXPERIMENTO	34
3.8 METODOLOGÍA.....	35
3.8.1 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	35
3.8.2 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS	41
3.8.3 ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD	45
3.8.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	46

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1 VARIABLES ANALIZADAS EN POST COSECHA	47
4.2.1 RENDIMIENTO TOTAL (RT) (KG HA ⁻¹).....	47
4.2.2 ÍNDICE DE COSECHA	50
4.2.3 NÚMERO TOTAL DE TUBÉRCULOS	52
4.2.4 NÚMERO TOTAL DE TUBÉRCULOS NO COMERCIALES POR PLANTA.....	55
4.2.5 NÚMERO TOTAL DE TUBÉRCULOS COMERCIALES POR PLANTA.....	57
4.2.6 EMERGENCIA (%).	59
4.2.7 ALTURA DE PLANTA (CM)	61
4.2.8 NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA	64
4.2.9 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR.....	66
4.3 ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN	69
4.3.1. COSTOS DIRECTOS.....	70
4.3.2. COSTOS INDIRECTOS.....	71
4.3.3. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN.....	72
4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO	73
4.4.1 UTILIDADES DE PRODUCCIÓN.....	73
4.4.2. ÍNDICE DE RENTABILIDAD (%) Y RELACIÓN (COSTO/BENEFICIO)	73

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES	80
5.1 CONCLUSIONES.....	80
5.2 RECOMENDACIONES.....	81

CAPÍTULO VI

<i>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</i>	<i>82</i>
--	-----------

CAPÍTULO VII

<i>ANEXOS.....</i>	<i>88</i>
<i>ANEXO 1. PANEL FOTOGRÁFICO.....</i>	<i>88</i>
<i>ANEXO 2. DATOS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS PARA EL ANÁLISIS ANOVA.....</i>	<i>95</i>
<i>ANEXO 3. COSTOS DE PRODUCCIÓN.....</i>	<i>97</i>
<i>ANEXO 4. ANÁLISIS DEL SUELO</i>	<i>109</i>
<i>ANEXO 5. ANÁLISIS DEL HUMUS DE LOMBRIZ</i>	<i>111</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Mapa del cultivo de papa y variedades nativas por departamento	9
Figura 2. Diversidad de Color de Piel de Tubérculos de Papa Phureja	11
Figura 3. Morfología de la Planta de Papa (<i>Solanum Tuberosum</i> L.)	14
Figura 4. Estrategias de Control Químico del Tizón Tardío.....	16
Figura 5. Efecto del distanciamiento entre semillas en el tamaño de tubérculo	17
Figura 6. Lombricompost o vermicompost.....	21
Figura 7. Rendimiento de la papa Según Departamentos en el Perú.....	26
Figura 8. Mapa de Ubicación del caserío Llimbe-Llacanora	29
Figura 9. Ubicación de la Parcela de Investigación.....	30
Figura 10. Distribución del Campo Experimental	35
Figura 11. Rendimiento Total en Kg Ha ⁻¹ de los tratamientos	49
Figura 12. Índice de Cosecha de los tratamientos	52
Figura 13. Número Total de Tubérculos de los tratamientos	54
Figura 14. Número Total de Tubérculos No Comerciales por Planta.....	56
Figura 15. Número Total de Tubérculos Comerciales de los tratamientos	59
Figura 16. Porcentaje de Emergencia en los Tratamientos	60
Figura 17. Altura de Planta (cm) de los tratamientos	63
Figura 18. Numero de Tallos por Planta de los tratamientos	65
Figura 19. Índice de Área Foliar de los tratamientos	68
Figura 20. Análisis económico de la producción en los tratamientos.....	77
Figura 21. Índice de Rentabilidad (%).....	78
Figura 22. Relación beneficio/costo	79

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Dosis de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O según el rendimiento esperado	20
Tabla 2. Características Químicas Típicas del Humus de Lombriz.....	22
Tabla 3. Dosis recomendadas de humus de lombriz por hectárea	24
Tabla 4. Rendimiento a Nivel Departamental, Provincial y Distrital	24
Tabla 5. Rendimiento en Investigaciones en regiones del Perú.....	26
Tabla 6. Niveles y Descripción de los Tratamientos	32
Tabla 7. Resultados de Análisis de Suelos.....	36
Tabla 8. Resultados de Análisis de Humus de Lombriz	37
Tabla 9. Distribución de tratamientos por niveles y cantidades	39
Tabla 10. Detalles de siembra en el campo experimental.....	40
Tabla 11. Clasificación de tubérculos por peso y tamaño	44
Tabla 12. Clasificación de tubérculos por peso y tamaño	45
Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para el Rendimiento Total (kg ha ⁻¹)	48
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5 % de Probabilidad para el Rendimiento (kg ha ⁻¹)	48
Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) para Índice de cosecha.....	51
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5 % de Probabilidad para Índice de Cosecha.....	51
Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) para Número Total de Tubérculos.....	53
Tabla 18. Prueba de Tukey al 5 % de Probabilidad para N° Total de Tubérculos	53
Tabla 19. Análisis de varianza para N° Total de Tubérculos No Comerciales	55
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5 % para N° Total de Tubérculos No Comerciales.....	56
Tabla 21. Análisis de varianza para N° Total de Tubérculos Comerciales	58
Tabla 22. Prueba de Tukey al 5 % para N° Total de Tubérculos Comerciales.....	58
Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) para Altura de Planta (cm)	62
Tabla 24. Prueba de Tukey al 5 % de Probabilidad para Altura de Planta (cm)	62
Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) para Número de Tallos por planta	64
Tabla 26. Análisis de varianza (ANOVA) para Índice de Área Foliar	67
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5 % de Probabilidad para Índice de Área Foliar	67
Tabla 28. Análisis económico de la producción de los diferentes tratamientos	74

RESUMEN

La producción rentable de papa variedad Amarilis en suelos con bajo contenido de nutrientes representa un reto técnico y económico para los agricultores de las zonas rurales de la región Cajamarca. Este estudio se desarrolló en el caserío Llimbe del distrito de Llacanora, tuvo como objetivo principal determinar la influencia de cinco dosis de fertiabono (combinación de NPK + humus de lombriz) sobre el rendimiento, de cultivo de papa variedad amarillis, así como también determinar cuánto cuesta producir y la ganancia del cultivo. Se empleo el diseño de bloques completamente al azar con seis tratamientos: (T1) testigo (sin fertilización), (T2) humus 1 t ha⁻¹, (T3) NPK 25 % (N, P₂O₅, K₂O) + humus 1 t ha⁻¹, (T4) NPK 50% (N, P₂O₅, K₂O) + humus 1 t ha⁻¹, T(5) NPK 100% (N, P₂O₅, K₂O) + humus 1 t ha⁻¹ y (T6) NPK 100% (N, P₂O₅, K₂O) sin humus, cada uno con tres repeticiones. Se midieron variables pre y post cosecha como la altura de planta, el área foliar, el número de tallos por planta, número total y comercial de tubérculos por planta, el índice de cosecha, el índice de área foliar y, rendimiento total además se analizó el costo de producción y la rentabilidad (B/C) de cada tratamiento. Las evidencias mostraron que el tratamiento T₄ (NPK 50 % + 1 t ha⁻¹ de humus) alcanzo el mayor rendimiento con 17, 934.84 kg ha⁻¹, la utilidad neta más alta (S/ 23,020.68) y el índice de rentabilidad más elevado (2.81), seguido por el tratamiento T₂ (1 t ha⁻¹ de humus) con una relación costo beneficio de (2.63). Las dosis más altas de NPK correspondientes al tratamiento T₆, mostraron menores indicadores económicos. Se concluyó que la combinación moderada de fertilizante químico y orgánico optimiza la productividad y rentabilidad del cultivo de papa en suelo de baja fertilidad como el caserío de Llimbe – Llacanora – Cajamarca.

Palabras clave: papa Amarilis; fertiabono; NPK; humus de lombriz; variables agronómicas; rentabilidad; Cajamarca

ABSTRACT

The Profitable production of the Amarilis potato variety in nutrient-poor soils presents a technical and economic challenge for farmers in rural areas of the Cajamarca region. This study, conducted in the hamlet of Llimbe in the district of Llacanora, aimed to determine the influence of five doses of fertilizer (a combination of NPK and vermicompost) on the yield of the Amarilis potato variety, as well as to determine the production costs and profit. A completely randomized block design was used with six treatments: (T1) control (no fertilization), (T2) humus 1 t ha⁻¹, (T3) NPK 25% (N,P₂O₅, K₂O) + humus 1 t ha⁻¹, (T4) NPK 50% (N,P₂O₅, K₂O) + humus 1 t ha⁻¹, (T5) NPK 100% (N,P₂O₅, K₂O) + humus 1 t ha⁻¹ and (T6) NPK 100% (N, P₂O₅, K₂O) without humus, each with three replications. Pre- and post-harvest variables were measured, including plant height, leaf area, number of stems per plant, total and marketable number of tubers per plant, harvest index, leaf area index, and total yield. Production costs and profitability (B/C) were also analyzed for each treatment. The evidence showed that treatment T4 (50% NPK + 1 t ha⁻¹ of humus) achieved the highest yield (17,934.84 kg ha⁻¹), the highest net profit (S/ 23,020.68), and the highest profitability index (2.81), followed by treatment T2 (1 t ha⁻¹ of humus) with a cost-benefit ratio of 2.63. The highest NPK doses, corresponding to treatment T6, showed lower economic indicators. It was concluded that a moderate combination of chemical and organic fertilizer optimizes the productivity and profitability of potato cultivation in low-fertility soils such as those found in the hamlet of Llimbe, Llacanora, Cajamarca.

Keywords: Amarilis potato; organic fertilizer; NPK; vermicompost; agronomic variables; profitability; Cajamarca

CAPITULO I

INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo, no solo por su alto valor nutricional, sino también por su capacidad de producir grandes cantidades de carbohidratos y proteínas por hectárea, incluso más que otros cultivos alimentarios básicos, como el maíz, el trigo y el arroz, según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2019), aportando además, por su contenido, una notable cantidad de aminoácidos esenciales, almidón de bajo coste, vitaminas y minerales, lo que la convierte en un alimento fundamental para la seguridad alimentaria, en especial en zonas rurales y de escasa economía, tal y como fue expuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020).

En el ambiente agrícola de la región Cajamarca, donde se cultiva papa, en este caso la variedad Amarilis, corresponde a una actividad económica significativa que desarrollan muchos pequeños productores que carecen de recursos técnicos y económicos para potenciar la producción (Sistema Integrado de Estadística Agraria [SIEA], 2024). Cabe señalar que la producción de este importante cultivo se ve afectada por diversos factores que perjudican el rendimiento de la papa, como las adversidades climáticas tales como heladas o baja intensidad luminosa, la poca fertilidad de los suelos, o el uso escaso e ineficaz de los fertilizantes y enmiendas orgánicas (INIA, 2022).

La fertilización se plantea como un elemento clave en el manejo agronómico del cultivo de papa. Sin embargo, a pesar de los avances en la investigación de la fertilización, todavía existe poca información de diferentes estrategias de abonamiento, sobre todo en variedades como Amarilis, en condiciones determinadas de zonas altoandinas, como el caserío Llimbe, del distrito de Llacanora, provincia de Cajamarca (SIEA, 2024); en este sentido, se hace necesario poder realizar investigaciones que valoren alternativas sostenibles que no solo generen incrementos en el rendimiento del cultivo, sino que también generen mejores características físicas, químicas y biológicas del suelo (MINAGRI, 2019).

En esa dirección, la combinación de fertilizantes inorgánicos (NPK) y abonos orgánicos como el humus producido por lombrices, constituye una alternativa práctica para aumentar el rendimiento del cultivo de papa. El humus de lombriz, además de ser fuente de nutrientes, contribuye a una mejora de la estructura del suelo, a una estimulación de la actividad microbiana y a una mejor retención de agua, lo que contribuye al adecuado desarrollo de los cultivos (Rodríguez & Gutiérrez, 2018).

El presente trabajo tuvo como objetivo primordial evaluar el efecto del fertiabono (NPK + humus de lombriz) en el rendimiento del cultivo de papa de la variedad Amarilis, en condiciones agroecológicas del caserío Llimbe. Se sostiene que la combinación de la fertilización orgánica e inorgánica dará lugar a mejores rendimientos que los que puedan obtenerse mediante la utilización de fertilizantes químicos tradicionales.

A su vez, se espera que sea capaz de generar un cuerpo de conocimiento científico y técnico que pueda ser útil para un manejo de los recursos agrícolas sostenible y respete el medio ambiente. El trabajo se realizó entre los meses de febrero y octubre del año 2024 con el área de Abonos Orgánicos y el laboratorio de Edafología y Medio Ambiente, empleando dosis diferentes de NPK conforme a las recomendaciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria junto con la dosis de humus de lombriz.

Finalmente, resulta pertinente mencionar que los datos que se tienen disponibles para el Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA, 2024) del rendimiento del cultivo de papa en Cajamarca ofrecen una tendencia decreciente alarmante: el rendimiento está en 13.615 t ha^{-1} a nivel departamental; 9.424 t ha^{-1} a nivel provincial; y de 6.804 t ha^{-1} a nivel distrital. Esta realidad confirma la necesidad del desarrollo de ciertas estrategias agronómicas que mejoren el rendimiento y por ende la situación económica del agricultor.

1.1 Objetivo General

Determinar el efecto de cinco dosis de fertiabono (NPK + humus de lombriz) en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Amarilis en el caserío Llimbe – Llacanora – Cajamarca.

1.2 Objetivos Específicos

Determinar la mejor dosis de fertiabono que incremente el rendimiento en (kg ha^{-1}) del cultivo de papa en el caserío de Llimbe.

Analizar el efecto de las diferentes dosis de fertiabono sobre las variables productivas, morfológicas y económicas evaluando rendimiento total y comercial por hectárea, altura de planta, área foliar, número de tallos, número total y comerciales de tubérculos por planta, índice de cosecha.

Analizar los costos de producción y la rentabilidad de cada tratamiento.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

Pisco y Torres (2023) en la investigación realizada en el distrito de Magdalena (Cajamarca) evaluó el efecto de diferentes dosis de fertiabono en la producción de maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.), aplicaron un Diseño de Bloques Completamente al Azar con tres repeticiones y seis tratamientos. El resultado mostro´ que la combinación de fertilización química ($115\text{N}-80\text{P}_2\text{O}_5-150\text{K}_2\text{O}$) con 75 % de humus (T4) obtuvo los mayores valores en características productivas como longitud de mazorca (19.78 cm), diámetro (6.56 cm), peso de mazorca (174 g), peso de grano (128 g) y rendimiento ($9059.92 \text{ kg ha}^{-1}$). Asimismo, las dosis crecientes de fertiabono evidenciaron un efecto positivo y proporcional sobre el rendimiento del cultivo. En cambio, el testigo sin fertilización registro´ el menor rendimiento ($4131.82 \text{ kg ha}^{-1}$). Se concluye que la combinación de fertilizantes inorgánicos y orgánicos mejora significativamente la producción de maíz morado.

Ispilco y Torres (2023) en su investigación en Porcón Alto - Cajamarca, con el objetivo de determinar la dosis óptima de Fertiabono para incrementar la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). El estudio utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y un testigo, cada uno con tres repeticiones. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y la prueba de Tukey. El resultado mostró que la combinación de fertilización química ($150 \text{ N} - 80 \text{ P}_2\text{O}_5 - 130 \text{ K}_2\text{O kg ha}^{-1}$) mas 0.5 t ha^{-1} de humus produjo el mejor rendimiento (34.63 t ha^{-1}), además de un mayor número de tubérculos por planta y mejor tamaño, superando significativamente a los demás tratamientos. El estudio concluye que la integración de fertilizantes químicos con fertilizante orgánico constituye una opción sostenible y eficiente para mejorar la productividad al cultivar papa en la región de Cajamarca.

Hoyos y Torres (2023) realizaron una investigación en el fundo “La Victoria” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, con el objetivo de analizar el resultado de la aplicación de guano de isla mas humus de lombriz en la producción del cultivo de betarraga (*Beta vulgaris* L.) variedad Early Wonder. El estudio se realizó bajo un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con cinco tratamientos y tres bloques, empleando dosis de 2 y 4 t ha⁻¹ de ambos abonos orgánicos. Se evaluaron variables como altura de planta, longitud y diámetro de raíz, peso total de planta, materia seca, rendimiento y rentabilidad económica de la raíz. Los resultados indicaron diferencias estadísticamente significativas, destacando el tratamiento con 4 t ha⁻¹ de guano de isla, que alcanzó un rendimiento de 41 562 kg ha⁻¹. Además, de acuerdo al análisis económico se determinó que los tratamientos con 2 y 4 t ha⁻¹ de guano de isla presentaron los mayores índices de rentabilidad (164.73% y 164.68%, respectivamente) y la mejor relación costo/beneficio, con un retorno de 2.79 soles por cada sol invertido.

Guevara y Torres (2021) realizaron un estudio en el Vivero Forestal de ADEFOR (Asociación Civil para la Investigación y el Desarrollo Forestal) - Cajamarca, en condiciones de invernadero, cuyo objetivo fue determinar la influencia de tres dosis de humus de lombriz (3, 6 y 9 t ha⁻¹) en el crecimiento y desarrollo de tara (*Caesalpinia spinosa*). El experimento, se realizó con un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), incluyó además 2 testigos (suelo agrícola y corteza de pino descompuesta). Se evaluaron parámetros de crecimiento desde el repique: diámetro a la altura del cuello, altura de tallo, número de hojas, número de folíolos y área foliar. Después de 135 días del repique, el tratamiento con 9 t ha⁻¹ de humus (H3) registró los resultados más altos en altura de planta (28,8 cm), número de folíolos (245 folíolos/planta), diámetro de tallo (6 mm) y área foliar (52,28 cm²), superando estadísticamente al resto de tratamientos, mientras que la variable número de hojas no mostró diferencias significativas. Los autores recomendaron ampliar la investigación probando dosis intermedias de humus de lombriz y comparándolo con otros tipos de materia orgánica en campo abierto.

Díaz (2021) realizó un estudio en el Silvo-Agropecuario de la facultad de Ciencias Agrarias de la UNC. para analizar el efecto de 2 dosis de humus de lombriz (2,5 y 5 t ha⁻¹) sobre las variedades de papa chaucha '*Amarilla redonda*' y '*Llanqueja*' (grupo Phureja). El experimento se estableció bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial (3 niveles de humus × 2 variedades) y tres repeticiones. Se midieron número de tubérculos total, número de tubérculos comerciales, rendimiento total y rendimiento de tubérculos comerciales (t ha⁻¹), así como porcentaje de materia seca. Aunque ni la variedad ni la dosis de humus mostraron efecto significativo sobre rendimiento total ni comercial, el tratamiento *Llanqueja* + 2,5 t ha⁻¹ alcanzó el mayor rendimiento total (16,10 t ha⁻¹) y comercial (15,90 t ha⁻¹). Se detectó interacción significativa cultivar × dosis para materia seca, donde *Amarilla redonda* + 5 t ha⁻¹ y *Llanqueja* sin humus fueron los mejores, y un efecto relevante de la dosis de humus sobre el número de tubérculos comerciales, siendo 2,5 t ha⁻¹ la dosis óptima con 18 tubérculos comerciales por planta.

Benavides (2019) hizo un estudio en la parcela del Servicio Silvo Agropecuario (2,673 msnm) para evaluar el resultado del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja), variedad "Amarilla redonda", al uso combinado de humus de lombriz (0, 10 y 15 t ha⁻¹) y bioestimulante foliar "Orgabiol" (0, 1 y 2 aplicaciones a los 45 y 70 días después de la siembra). El diseño experimental consistió en un arreglo factorial de 3×3, analizado mediante ANOVA y prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$). Se midieron número y peso total de tubérculos por planta, número y peso de tubérculos comerciales, altura de planta, número de tallos por planta y contenido de materia seca; además, se clasificaron los tubérculos en categorías primera (> 4 cm), segunda (2–4 cm) y tercera (< 2 cm). Resultando que, aunque no hubo influencia significativa entre humus y bioestimulante, el humus de lombriz ejerció un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre el rendimiento total ($p = 0,02$) y comercial ($p = 0,02$), variando el rendimiento total entre 11,4 y 18,2 t ha⁻¹, y el índice de cosecha entre 49,3 % y 66,1 %.

Castillo (2019) desarrolló un experimento en una parcela del Servicio Silvo-Agropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca para analizar la respuesta de papa (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja, cultivar “Amarilla redonda”) a 3 dosis de humus de lombriz (0, 15 y 30 t ha⁻¹) y 4 aplicaciones de abono foliar Stimplex-G. Se midieron altura de planta, número de tallos, número total y comercial de tubérculos, peso total y comercial de tubérculos, dimensiones de los tubérculos, materia seca, gravedad específica e índice de cosecha. Los resultados mostraron una interacción significativa entre humus y Stimplex-G, registrándose el mayor rendimiento total (20,85 t ha⁻¹) en el tratamiento T7 (15 t ha⁻¹ de humus con dos aplicaciones de Stimplex-G).

Díaz (2019) llevó a cabo un estudio en la zona de San Juan, distrito y provincia de Cutervo, cuyo propósito fue evaluar el efecto de doce dosis de fertilización N-P-K en el rendimiento del cultivo de papa (cv. INIA 302 Amarilis). El experimento, se estableció bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones y doce tratamientos de N-P-K, en un suelo franco arenoso de pH 5.6, alto en materia orgánica (7.52 %) pero deficiente en K, Ca y P. Los rendimientos oscilaron entre 23 720.65 kg ha⁻¹ (testigo sin fertilizar) y 34 549.69 kg ha⁻¹ (dosis alta de 250–150–300 kg ha⁻¹ de N-P-K), mostrando diferencias estadísticamente significativas. Como resultado, se recomendó la combinación 250–150–300 kg ha⁻¹ de N-P-K para maximizar el rendimiento, y se sugirió evaluar estas y otras dosis en distintos pisos ecológicos y épocas de siembra en la zona.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Domesticación de la Papa.

La papa fue domesticada por los antiguos pobladores andinos hace aproximadamente 8 000 años; sin embargo, su evolución continúa en estas regiones, donde aún existen poblaciones en estado silvestre. Estas son resultado de procesos de selección natural y de prácticas tradicionales de conservación desarrolladas por las comunidades andinas. En las zonas de mayor diversidad genética, el intercambio de polen y el flujo genético entre variedades favorecen la aparición de nuevas variedades (Ortega et al., 2005).

2.2.2 Origen de la Papa Phureja.

El origen exacto de la papa cultivada no se conoce con total precisión; sin embargo, se considera que su centro de origen se encuentra en el altiplano andino entre Perú y Bolivia, cerca del lago Titicaca, debido a la gran diversidad genética de especies silvestres y variedades cultivadas presentes en esta región (Hawkes, 1994).

Las especies y variedades de papa que actualmente se cultivan en los Andes de países como Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia y el sur de Chile se habrían originado a partir de la domesticación de especies silvestres hace aproximadamente 8 000 años, en las cercanías del lago Titicaca, a unos 3 800 m s. n. m., por las antiguas comunidades andinas (Rodríguez et al., 2009).

2.2.3 Distribución de la Papa Phureja.

El grupo *S. tuberosum* Phureja se cultiva principalmente en la vertiente oriental de los Andes, entre 2000 y 3400 m s. n. m., con una distribución que se extiende desde el noroeste de Bolivia, a lo largo de los Andes peruanos, hasta Colombia y parte de Venezuela. Sus cultivares se caracterizan por ser precoces y por la ausencia de dormancia en los tubérculos, lo que permite realizar tres o cuatro ciclos de siembra y cosecha al año (Ochoa, 2001).

Figura 1

Mapa de los principales centros de cultivo de papa y variedades nativas por departamento en el Perú.



Nota. Adaptado de Perú, País de la papa [Mapa], de Centro Internacional de la Papa (CIP), 2008, Sistema Nacional de Información Ambiental. Todos los derechos reservados.

El El **grupo Phureja** está conformado por plantas tuberizantes que, según se propone, se originaron mediante la selección humana a partir de una posible mutación de *Solanum stenotomum* (Estrada, 2000)

En la región de Cajamarca (Perú), las papas conocidas como chauchas pertenecen al grupo Phureja, uno de los nueve grupos reconocidos según el enfoque del Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas (ICNCP) (Huamán, 2008). El término phureja, de origen aymara, hace referencia a su precocidad. Este grupo incluye principalmente genotipos diploides, aunque también existen triploides y tetraploides, caracterizados por presentar ausencia o mínima dormancia, por lo que los tubérculos suelen brotar al momento de la cosecha (Gómez et al., 2012).

2.2.4 Características de la papa Phureja.

2.2.4.1 Precocidad. El periodo vegetativo de estas papas es relativamente corto, con una duración promedio de 90 a 120 días. Se caracterizan por la ausencia de dormancia en los tubérculos y por su alto valor nutritivo, superior al de la papa común. Sin embargo, son altamente susceptibles a las heladas, por lo que su cultivo se realiza principalmente en zonas ubicadas entre 1700 y 3000 msnm.

2.2.4.2. Resistencia a Plagas y Enfermedades. las papas chauchas han sido ampliamente usadas en estudios genéticos y programas de mejoramiento de la papa, debido a que constituyen una importante fuente de resistencia a enfermedades como la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, el tizón tardío o rancha (*Phytophthora infestans*) y algunos virus de la papa como PVX, PVS, PMV y PVA. Además, se ha reportado que presentan tolerancia al calor y adaptación a zonas templadas (Ochoa, 2001).

2.2.4.3 Color de Piel y Carne de los Tubérculos de Papa Phureja. El color de la piel de los tubérculos está determinado por la interacción de tres alelos dominantes, mientras que la condición recesiva provoca la ausencia de pigmentación en el peridermis. Según Medina (2009), las papas chauchas presentan una amplia variación de colores de piel, como blanco crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, rojo morado, marrón y negruzco, e incluso existen cultivares bicolors. Para fines comerciales, generalmente se agrupan en tubérculos de piel blanca, amarilla y roja. En cuanto al color de la pulpa o carne del tubérculo, esta se clasifica principalmente en blanca o amarilla, con diferentes tonalidades como clara, cremosa u oscura.

Figura 2

Diversidad de Color de Piel de Tubérculos de Papa Phureja



Nota. Adaptado de *Día Nacional de la Papa: conoce el valor del cultivo peruano que nutre al mundo* [Fotografía], por Agencia Andina, 2019, Andina (<https://andina.pe/agencia/noticia-dia-nacional-de-papa-conoce-valor-del-cultivo-peruano-nutre-al-mundo-753748.aspx>)

2.2.4.4 Usos de la Papa Phureja. Medina (2009) señala que el cultivo de estas papas en la provincia de Chota se destina principalmente al autoconsumo, siendo solo una pequeña parte comercializada en los mercados de Chota, Chiclayo y Bambamarca. En los mercados de la ciudad de Cajamarca se encuentran cultivares como ‘Huagalina’, ‘Huayro’, ‘Chiquibonita’, ‘Peruanita’, ‘Limeña’ y ‘Chaucha amarilla’, mientras que otros se cultivan en menor proporción.

Las familias campesinas utilizan principalmente los cultivares chauchas en la preparación de sopas, debido a su capacidad espesante. Por otro lado, variedades como ‘Zapa negra’, ‘Zapa blanca’ y ‘Zuela colorada’ son preferidas para preparar fiambre en caminatas largas, además de ser reconocidas por su buen sabor. Asimismo, las papas nativas también son empleadas en medicina tradicional, especialmente para aliviar el dolor de cabeza mediante emplastos o rallado.

2.2.4.5 La Papa Variedad Amarilis. Es una mezcla de clones resistentes, liberada en el Perú en 1993 por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Presenta plantas con tallos verde claro, hojas de foliolos anchos y flores blancas con abundante floración. Sus tubérculos son ovalados y algo achatados, con ojos superficiales, piel crema y pulpa amarillenta. Tiene un periodo vegetativo precoz de 120 a 130 días y puede alcanzar rendimientos de hasta 30 t ha⁻¹. Se adapta hasta los 3200 m s. n. m., principalmente en la sierra central, norte y la costa, destacando por su buena calidad culinaria y resistencia a la racha (*Phytophthora infestans*) (INIA, 1993).

2.2.5 Descripción Botánica de la Papa

2.2.5.1 Brote. Egúsquiza (2000), manifiesta que el brote es un tallo que se origina en el “ojo” del tubérculo. El tamaño y apariencia del brote varía según las condiciones en los que se ha almacenado el tubérculo están constituido por: lenticelas, pelos, yema terminal, yema lateral, nudo y primordios radiculares.

2.2.5.2 Planta. INIA (2011), manifiesta que la planta es vigorosa, tiene un desarrollo bastante rápido, cubre bien el terreno. Tamaño medio, tallos en número de cuatro, color morado con pigmentación verde, presencia de alas dentadas, entrenudos largos y manifiestos, ramificación basal.

2.2.5.3 Raíz. Según Egúsquiza (2000), la raíz es la estructura subterránea responsable de la absorción de agua. Se origina en los nudos de los tallos subterráneos y en conjunto forma un sistema fibroso, las raíces de la papa son de menor profundidad, son débiles y se encuentran en capas superficiales

2.2.5.4 Hojas. Según el INIA (2011), las hojas son compuestas, imparipinadas, color verde intenso, abiertas, débilmente diseccionadas, con tricomas en haz y envés, tamaño medio, cuatro pares de folíolos primarios unidos por un peciolo, que se alternan con un par de hojuelas entre ellos.

El mismo autor menciona que las hojas carecen de hojuelas entre peciolos, el folíolo terminal es mediano, asimétrico, ovado con el ápice agudo y pseudo estípulas medianas. Folíolos secundarios pequeños, asimétricos, peciolados y un pequeño par de folíolos terciarios peciolados también. El raquis es pigmentado en la parte inferior y en la parte superior presenta dos canales en los cuales el pigmento se acentúa en el ángulo de inserción del peciolo con el raquis.

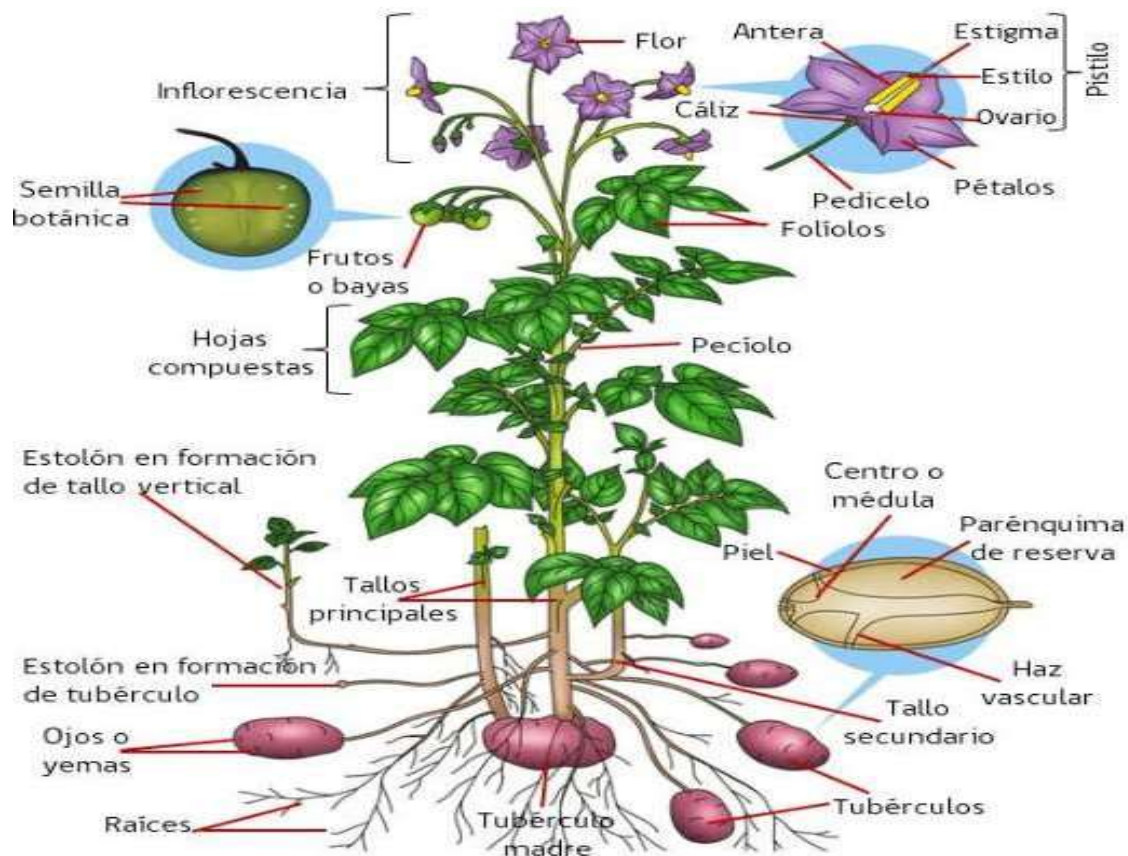
2.2.5.5 Flor. INIA (2011), menciona que las flores son abundantes a moderadas, inflorescencia cimosa con pedúnculo, presencia de hoja en formación en la base del ramillete floral. Cáliz: cinco sépalos morados con pigmentación verde, acuminado y pubescente. Corola: cinco pétalos, rotada, morada y tamaño medio. Estambres: anteras amarillas y largas. Pistilo: verde, con estigma más largo que las anteras. Con alta fertilidad como hembra o macho.

2.2.5.6 Fruto y semilla. Egúsquiza (2000), dice que el fruto o baya de la papa se origina por el desarrollo del ovario. La semilla conocida también como semilla sexual, es el ovulo fecundado, desarrollado y maduro. El número de semillas por fruto puede variar desde cero (nada) hasta 400.

3.2.4.7. Tubérculo Cuesta (2006), manifiesta que los tubérculos son de forma oblonga, piel de color rosado intenso, sin color secundario, pulpa amarilla. Ojos superficiales y bien distribuidos. La dormancia de la semilla es de 120 días.

Figura 3

Morfología de la Planta de Papa (*Solanum Tuberosum* L.)



Nota. Adaptado de *Morfología de la planta de papa (Solanum tuberosum L.)*, por PortalFrutícola.com, 2023, <https://www.portalfruticola.com/noticias/2023/03/02/morfologia-de-la-planta-de-papa- solanum-tuberosum-l/>.

2.2.6 Requerimientos del Cultivo

2.2.6.1 Clima. Pourrut (1998), indica que al efectuar la plantación la temperatura del suelo debe ser superior a los 7°C, con unas temperaturas nocturnas relativamente frescas. El frío excesivo perjudica especialmente a la papa, ya que los tubérculos quedan pequeños y sin desarrollar. Si la temperatura es demasiado elevada afecta a la formación de los tubérculos y favorece el desarrollo de plagas y enfermedades.

2.2.6.2 Humedad. La humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo desde la aparición de las flores hasta a la maduración del tubérculo resulta nociva. Una humedad ambiental excesivamente alta favorece el ataque de Mildíu, por tanto, esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta.

2.2.6.3 Suelo. Villafuerte (2008), dice que la papa crece mejor en suelos profundos con buen drenaje, de preferencia francos y franco arenosos, fértiles y ricos en materia orgánica. La papa puede ser sembrada en suelos arcillosos de buena preparación y buen drenaje. El pH ideal del suelo para el cultivo de papa esta entre 4,5 y 7,5.

2.2.6.4 Temperatura. Pourrut (1998) menciona que, aunque haya diferencias de requerimientos térmicos según la variedad de que se trate, se puede generalizar, sin embargo, que temperaturas máximas o diurnas de 20 a 25°C y mínimas o nocturnas de 8 a 13°C son excelentes para una buena tuberización. El mismo autor resalta la temperatura media óptima para la tuberización es de 20°C, si la temperatura se incrementa por encima de este valor disminuye la fotosíntesis y aumenta la respiración y por consecuencia hay combustión de hidratos de carbono almacenados en los tubérculos.

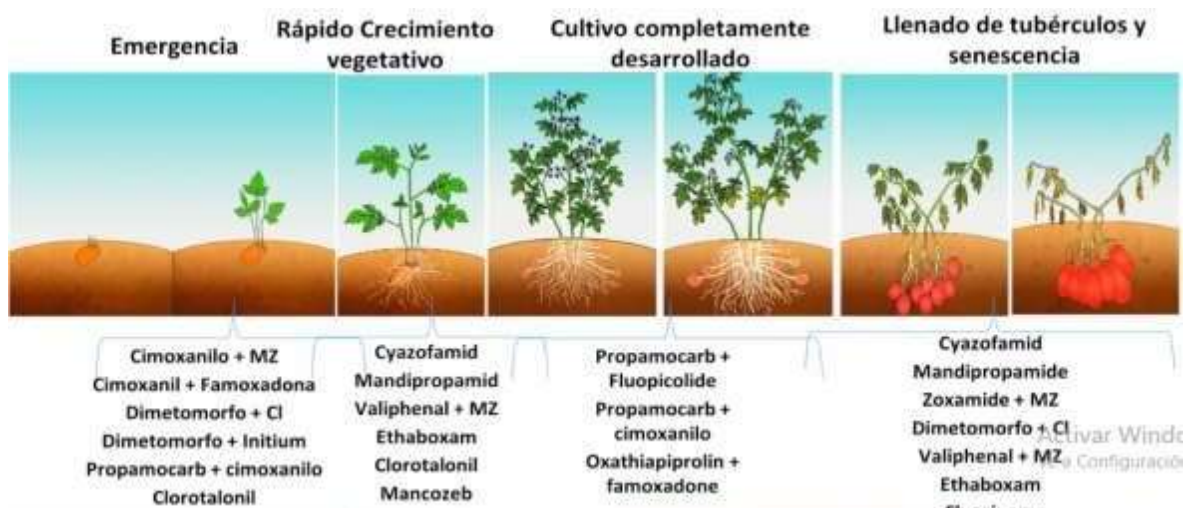
2.2.6.5 Luminosidad. Para Pourrut (1998), la luminosidad también influye en la producción de carbohidratos, desde el momento en que es uno de los elementos que interviene en la fotosíntesis. Su influencia no solo se circunscribe a este aspecto, sino también a la distribución de los carbohidratos, siendo su concentración mayor en los tubérculos cuando es alta. La máxima asimilación ocurre a los 60 000 lux.

2.2.7 Labores Culturales del Cultivo

2.2.7.1 Desinfección de la Semilla. Se recomienda tratar la semilla para que no se enferme o se pudra al entrar en contacto con el suelo, en medio tanque de agua se pone el producto químico y se mezcla bien, luego se ponen los tubérculos de semilla de papa en canastos o sacos por el lapso de cinco minutos. Dejar escurrir bien la semilla antes de retirar del tanque y por último dejar secar la semilla a la sombra y está lista para la siembra. Se recomienda Vitavax Flo (Carboxin-Thiran) (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Figura 4

Estrategias de Control Químico del Tizón Tardío Según Estado De Desarrollo



Nota. Adaptado de "Ejemplo de estrategias de control químico del tizón tardío según estado de desarrollo de la planta de papa", por I. Acuña y R. Bravo (Eds.), 2019, en *Tizón tardío de la papa: Estrategias de manejo integrado con alertas temprana* (p. 58), Boletín INIA N.º 399, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6777>

2.2.7.2 Preparación de los Surcos. La preparación de los surcos se realiza ya sea con maquinaria, yunta o azadón, esta labor depende de la extensión y topografía del terreno, la distancia de surco a surco depende de la variedad utilizando de 0,90 a 1,60 m (Pumisacho y Sherwood, 2002).

2.2.7.3 Descontaminación de los Surcos. Cuando se utiliza productos granulados aplicar el descontaminante en chorro continuo al fondo del surco. Si son productos mojables aplicar con una bomba de aspersión. Generalmente el agricultor utiliza Pentaclor (Quintoceno) más Carbofuran (Carbofuran), Dazomet (Basamid granulado) (Pumisacho y Sherwood, 2002).

2.2.7.4 Siembra. Según Pumisacho y Sherwood (2002), se coloca la semilla a una distancia determinada; esta distancia varía según el fin, ya sea para consumo o producción de semilla; la distancia será mayor o igual a 40 y de 25 a 30 cm, respectivamente. La profundidad de siembra depende de la humedad del suelo y del tamaño del tubérculo y brotes. Cuando hay humedad suficiente y brotes bien formados la semilla-tubérculo debe ser tapada con unos 5 cm de tierra; en caso de ser la siembra en terrenos secos donde la humedad está más profunda, colocar la semilla en el fondo del surco y tapa con una capa de tierra de 8-12 cm.

Figura 5

Efecto del distanciamiento entre semillas en el tamaño de los tubérculos cosechados



Nota. Adaptado de Manejo integrado de papa, por Agrobanco, s.f., p. 16. Recuperado de <https://agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Papa/MANEJOINTEGRADODEPAPA.pdf>

2.2.8 Plagas y Enfermedades

Calderón (1988), menciona los siguientes agentes bióticos que producen daño al cultivo de papa.

2.2.8.1 Plagas. Entre las principales plagas que afectan al cultivo de papa se encuentran el gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hust), gusano negro trozador (*Agrotis ypsilon* Rott), cutzo (*Barotheus* sp.), pulguilla (*Epitrix* sp.), trips (*Frankliniella* sp.), minador de la hoja (*Liriomyza quadrata* Malloch), saltones (*Empoasca* sp.), chinches de la hoja (*Proba sallei* y *Rhinacloa* sp.) y pulgones (*Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*).

2.2.8.2 Enfermedades. lanosa (*Rosellinia* sp.), rizoctoniosis (*Rhizoctonia solani* Kühn), sarna polvorienta (*Spongospora subterranea*), rancho o tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont.), roya (*Puccinia pittieriana*), septoriosis (*Septoria lycopersici*), rancho temprana (*Alternaria solani*), mal blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*), mosaico leve causado por el virus PVX, mosaico severo causado por PVY, mosaico rugoso por la interacción de PVX y PVY, enrollamiento de la hoja causado por PLRV, pie negro (*Erwinia carotovora*) y sarna común (*Streptomyces scabies*).

2.2.9 Cosecha

La cosecha se realiza cuando los tubérculos alcanzan la madurez comercial, considerando su tamaño, forma y apariencia. Esta labor puede efectuarse de forma manual, con tracción animal o de manera mecanizada, procurando evitar daños en los tubérculos y realizándola preferentemente en época seca, para facilitar su selección y almacenamiento (Pumisacho y Sherwood, 2002).

2.2.10 Fertilización

Según el INIA (2011), menciona que la fertilización del cultivo de papa varía en cada provincia y de acuerdo a la capacidad económica del agricultor, además de los diferentes suelos, a su origen y manejo. Los requerimientos nutrimentales del cultivo de papa son altos, un rendimiento de 56 T ha⁻¹ de papa, extrae alrededor de 300- 100 y 500 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente; razón por la cual la papa requiere del uso de fertilizantes para obtener producciones satisfactorias.

El mismo autor menciona que para conocer la disponibilidad de nutrientes en el suelo se realizan las siguientes recomendaciones de fertilización. En suelos deficientes en azufre (16 ppm) se recomienda la aplicación de azufre, usando sulpomag, sulfato de potasio y azufre elemental en dosis de 30 a 60 kg ha⁻¹, se usa el análisis químico; que, a la vez, provee la información necesaria para realizar la correcta dosificación.

Pumisacho y Sherwold (2002) menciona que el uso de fertilizantes compuestos es muy común en la papa. Normalmente, más del 50% del nitrógeno es aplicado al momento de la siembra o retape (tres a cuatro semanas después de la siembra) que tienen N-P₂O₅ y K₂O como: 10-30-10, 18-46-0, 12-36-12, 8-20-20 y 15-15-15. Las tres primeras formulaciones son las más usadas; las otras son comúnmente aplicadas al momento del medio aporque.

Barrera (1998) manifiesta que muchos informes señalan que la papa es el cultivo con mayor consumo de fertilizantes compuestos por unidad de superficie con dosis que oscilan entre 1 000 y 2 000 kg ha⁻¹, predominando las fuentes altas en P en las relaciones 1:3:1, 2:4:1 y en menor escala se utiliza la relación 1:2:2, las dosis utilizadas dependen de la altitud y se aumenta en la medida que esta se incrementa.

Tabla 1

Dosis de N, P₂O₅ y KCl según el rendimiento esperado y nutrientes disponibles en el suelo para el cultivo de papa

Dosis de N (kg ha⁻¹) - N disponible en el suelo (mg N kg⁻¹)							
Rendimiento Esperado (t/ha)	5	10	15	20	25	30	50
40	100	90	75	60	50	40	0
60	190	180	160	135	120	100	80
80	280	270	255	234	220	200	170
Dosis de P₂O₅ (kg ha⁻¹) - P disponible en el suelo (P kg⁻¹)							
Rendimiento Esperado (t/ha)	6	G	12	15	18	20	
40	330	225	122	70	40	0	
60	545	442	338	235	130	0	
80	760	658	554	451	240	175	
Dosis de KCL (kg ha⁻¹) - K disponible en el suelo (mg K /kg)							
Rendimiento Esperado (t/ha)	100	120	140	160	180	200	220
40	158	77	0	0	0	0	0
60	418	318	217	117	0	0	0
80	718	637	557	476	396	315	235

Nota. Adaptado de *Fertilización del cultivo de la papa: dosis y rangos óptimos de nutrientes*, por PortalFrutícola, 2016, <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/11/23/fertilizacion-del-cultivo-de-la-papa-dosis-y-rangos-óptimos-de-nutrientes/>.

2.2.11 Abonamiento Orgánico

Los abonos orgánicos son materiales de origen natural, a diferencia de los fertilizantes sintéticos. Su calidad depende principalmente de las materias primas utilizadas y del proceso de elaboración, y se evalúa por su potencial biológico más que por su composición química (Mejía, 2008). Estos se incorporan al suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, pudiendo provenir de residuos de cultivos, abonos verdes, restos de actividades agropecuarias, desechos domésticos o compost elaborado a partir de estos materiales (Borrero, 2008).

2.2.12 *Lombricompost o vermicompost*

La lombricompostación consiste en el aprovechamiento de residuos orgánicos no tóxicos mediante el uso de lombrices de tierra, las cuales transforman estos materiales en un abono de mejor estructura, sin olor y con mayor fertilidad. Este proceso contribuye a mejorar la aireación del suelo y aumentar la actividad de microorganismos benéficos, favoreciendo su productividad. Además, permite reducir los costos de producción de abonos orgánicos, ya que se utilizan residuos generados en la propia finca, mientras que las lombrices realizan la descomposición y transformación del material en fertilizante (Barquero, 2001).

Figura 6

Lombricompost o vermicompost



Nota. Adaptado de "Lombricultura y Compostaje", por Jardín Botánico, s.f., Webnode (<https://jardin-botanico.webnode.com.co/lombricultura-y-compostaje/>). Todos los derechos reservados.

El humus de lombriz está compuesto principalmente por oxígeno, carbono, nitrógeno e hidrógeno, además de una gran diversidad de microorganismos. La proporción de estos elementos depende de las características químicas del sustrato utilizado para la alimentación de las lombrices (Fernández, 2002).

Tabla 2

Características Químicas Típicas del Humus de Lombriz

Parámetro	Rango
pH	6.5 – 8.0
Materia orgánica (%)	30 – 70
Nitrógeno total (%)	1.0 – 2.6
Fósforo total (%)	0.5 – 1.5
Potasio total (%)	0.5 – 1.5
Calcio total (%)	2.5 – 8.5
Magnesio (%)	1.0 – 2.5
Humedad (%)	40 – 55
Ácidos húmicos (%)	2.8 – 5.8
Ácidos fúlvicos (%)	14 – 30
Relación C/N	10 – 11
Conductividad eléctrica (mS/cm)	3.0 – 4.0
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	75 – 80

Nota. Los valores presentados son referenciales y pueden variar según las condiciones específicas de producción del humus de lombriz.

El Lombricompost se emplea con buenos resultados en diversos cultivos. En caña de azúcar se aplica aproximadamente 1 kg por metro de surco, en café entre 1 y 2 kg por planta, y en flores y helechos alrededor de 0.5 kg m⁻². Para almácigos se recomienda una mezcla de tres partes de suelo y una de lombricompost; mientras que en pastos y canchas se aplican cerca de 150 g m⁻², y en macetas alrededor de 100 g por recipiente (Véliz, 2014).

La aplicación del humus de lombriz se realiza preferentemente de forma localizada entre las plantas o en bandas. Al igual que otros abonos orgánicos, se recomienda aplicarlo durante la época lluviosa, distribuyéndolo sobre la superficie del suelo y regando para facilitar la incorporación de los microorganismos. No debe enterrarse, ya que las bacterias presentes requieren oxígeno. Su aplicación al momento de la siembra favorece el desarrollo radicular y mejora la estructura del suelo, lo que contribuye a reducir la frecuencia de riego (Véliz, 2014).

2.2.12.1 Abonamiento con Humus de Lombriz. Es una práctica ecológica y sostenible, preferida por quienes buscan alimentos más saludables y métodos de cultivo menos contaminantes. Consiste en añadir al suelo compost, producto de la descomposición lenta de residuos orgánicos. El humus de lombriz es un tipo de compost generado durante el desarrollo de lombrices de tierra, que transforman los sustratos orgánicos en un fertilizante con excelentes propiedades. Aunque toda fertilización aporta nutrientes al suelo, el uso de humus de lombriz ofrece ventajas adicionales frente a otros métodos.

- a. **Mejora la estructura del suelo:** La capacidad de un suelo para sustentar un cultivo no depende únicamente de la disponibilidad de nutrientes; también es fundamental que tenga una estructura adecuada que facilite la retención de nutrientes y agua, así como la circulación de aire (Yépez, 2001).
- b. **Aumenta la microfauna del suelo:** Un gramo de suelo fértil contiene millones de bacterias, hongos y levaduras que transforman sustancias orgánicas e inorgánicas en formas aprovechables por las plantas. Por ejemplo, las bacterias fijan el nitrógeno del aire y lo convierten en nitratos, absorbibles por las raíces. El humus de lombriz mejora la fauna del suelo y ayuda a neutralizar condiciones extremas como acidez y salinidad, las cuales pueden verse agravadas por la fertilización química (Bhatt, 2019).
- c. **Facilita la disponibilidad de los nutrientes:** Muchos elementos se encuentran en el humus en la forma que son aprovechados por las plantas, lo que significa un ahorro de tiempo entre la adición del abono y su incorporación a las plantas. Cuando se añade el sustrato orgánico directamente, hay que esperar algunos días o semanas para que estos nutrientes estén disponibles tras su descomposición (Yépez, 2001).

2.2.12.2 El uso del humus en los cultivos. El uso del humus de lombriz agrega valor al sustrato, convirtiéndolo en un abono completo y eficaz para mejorar el suelo. Presenta un aspecto terroso, suave e inodoro, lo que facilita su manipulación y aplicación (Bhatt, 2019).

Tabla 3***Dosis recomendadas de humus de lombriz por hectárea para diversos cultivos***

Tipo de cultivo	Dosis recomendada (kg ha⁻¹)
Papa	2,500–5,000
Papa (variedad Phureja)	1,500–3,000
Hortícolas (verduras, hortalizas)	1,000–3,000
Cereales (maíz, trigo, avena)	1,000–1,500
Frutales (adultos)	2,000–4,000
Viñedos (mantenimiento)	2,000–4,000
Olivos (adultos)	1,500–2,500
Praderas y pastos	1,000–3,000
Recuperación de terrenos	1,500–2,500

Nota. Las dosis recomendadas pueden variar según las condiciones específicas del suelo y el tipo de cultivo.

2.2.13 Rendimiento del cultivo de papa

Según datos del Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA, 2024), el rendimiento del cultivo de papa en la región de Cajamarca muestra una tendencia decreciente al analizar los niveles departamental, provincial y distrital. A nivel departamental, se registró un rendimiento promedio de 13.615 toneladas por hectárea, mientras que, a nivel provincial y distrital en Cajamarca, los rendimientos fueron de 9.424 y 6.804 toneladas por hectárea, respectivamente. Estas cifras indican una baja progresiva en la productividad del cultivo de papa al descender en la escala geográfica. Esta tendencia podría atribuirse a factores como la variabilidad en el manejo agrícola, diferencias en la calidad del suelo, acceso limitado a insumos y tecnología, y condiciones climáticas específicas de cada área.

Tabla 4***Rendimiento del Cultivo de Papa a Nivel Departamental, Provincial y Distrital de Cajamarca***

A nivel de	Siembra (ha)	cosecha (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha⁻¹)
Departamento	26006	23690.5	322543.83	13.615
Provincia Cajamarca	4046	3997	37666.61	9.424
Distrito Cajamarca	313	333	2265.7	6.804

Nota. Datos obtenidos de Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA, 2024).

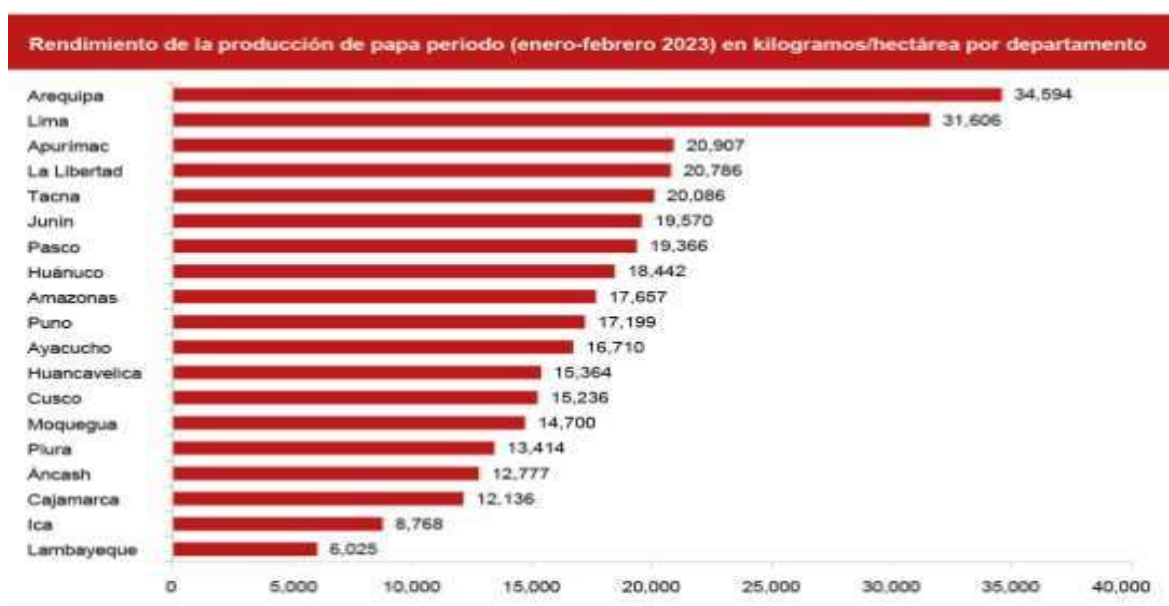
Según Comex Perú (2023), la producción agrícola en Perú creció en promedio un 3.3% durante las dos primeras décadas del siglo XXI. Sin embargo, este crecimiento se vio interrumpido en años recientes debido a factores externos como la pandemia y fenómenos climatológicos, afectando cultivos clave como la papa.

El cultivo de papa es fundamental para el país, siendo sustento de al menos 710,000 familias, según el último Censo Nacional Agropecuario del INEI. La región de la sierra concentra la mayor superficie agrícola, con aproximadamente 3,296,000 hectáreas, representando el 46.3% del total nacional.

Los rendimientos por hectárea varían considerablemente entre regiones. Arequipa lidera con 34,593.5 kg ha⁻¹, seguida por Lima con 31,606.1 kg ha⁻¹ y Apurímac con 20,907.4 kg ha⁻¹. En contraste, Cajamarca (12,136 kg ha⁻¹), Ica (8,768.4 kg ha⁻¹) y Lambayeque (6,025 kg ha⁻¹) presentan los rendimientos más bajos

Figura 7

Rendimiento de la papa según Departamentos en el Perú



Nota. Gráfico que ilustra el valor de la producción de papa en el Perú durante el primer trimestre de 2023, por Comex Perú, 26 de mayo de 2023. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/la-produccion-de-la-papa-alcanzo-un-valor-de-s-4646-millones-durante-el-primer-trimestre-del-ano-un-17-menos-que-el-ano-anterior>.

Tabla 5

Rendimiento del cultivo de papa en Investigaciones realizadas en regiones del Perú

Título del estudio	Ubicación	Variedad	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Comparativo de rendimiento de diez cultivares nativos de papa con pulpa pigmentada	Comunidad de Escalera, Huancavelica	Markina, Huayro Macho, Puka Dusis, entre otros	9.94 – 32.94
Efecto del abonamiento orgánico en el rendimiento del cultivo de papa variedad Amarilis	Huacrachuco, Marañón, Huánuco	Amarilis	27.37
Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de papa variedad Canchan	Rumichaca, Panao, Huánuco	Canchan	54.69
Efecto de dos dosis de abono en el rendimiento de dos cultivares de papa chaucha (<i>Solanum tuberosum</i> , grupo Phureja)	Cajamarca, Perú	Amarilla redonda, Llanqueja	No especificado

Nota. Los datos presentados en esta tabla corresponden a estudios realizados en diferentes regiones del Perú, evaluando el rendimiento del cultivo de papa bajo diversas condiciones y prácticas agronómicas.

2.3 Definición de Términos Básicos

2.3.1 Alelos

Los alelos son variantes alternativas de un mismo gen que se encuentran en la misma posición (locus) de cromosomas homólogos. Estas variantes pueden influir en la manifestación de características específicas en un organismo (Griffiths et al., 2020).

2.3.2 Dormancia

La dormancia es un estado fisiológico en el que las semillas o las yemas de las plantas suspenden temporalmente su crecimiento y desarrollo en respuesta a condiciones ambientales adversas. Este mecanismo permite a las plantas sobrevivir durante períodos desfavorables y reanudar su actividad cuando las condiciones mejoran (Taiz et al. 2015).

2.3.3 Fitohormonas

Las fitohormonas, también conocidas como hormonas vegetales, son compuestos orgánicos producidos por las plantas que actúan como mensajeros químicos, regulando diversos procesos fisiológicos como el crecimiento, la floración y la maduración de los frutos. Estas sustancias son activas en concentraciones muy bajas y pueden actuar en el sitio de síntesis o ser transportadas a otras partes de la planta (Yépez, 2001).

2.3.4 Quelación

La quelación es un proceso químico mediante el cual un ion metálico se une a una molécula orgánica (agente quelante), formando un complejo estable. En el contexto agrícola, la quelación mejora la disponibilidad y absorción de micronutrientes esenciales por las plantas, facilitando su transporte y reduciendo su precipitación en el suelo (Lindsay, 1979).

2.3.5 Costos Directos

Son aquellos costos que pueden identificarse y asignarse directamente a un cultivo o producto específico, como semillas, fertilizantes, pesticidas y mano de obra empleada directamente en la siembra y cosecha. (Lowa State University, 2024).

2.3.6 Costos Indirectos

Son los costos que no pueden asociarse de manera directa a un cultivo específico, como depreciación de infraestructura, administración, seguros o asesoría técnica, y que benefician a toda la unidad productiva. (Lowa State University, 2024).

2.3.7 Costo Total de Producción

Es la suma de todos los costos incurridos en la producción agrícola, incluyendo costos variables y costos fijos. Representa el gasto total necesario para obtener el producto. (FAO, 2015)

2.3.8 Utilidad de Producción

Es el beneficio económico obtenido cuando los ingresos por la venta del producto agrícola superan los costos totales de producción. (FAO, 2015).

2.3.9 Índice de Rentabilidad

Es un indicador que expresa la ganancia obtenida en relación con la inversión realizada, permitiendo evaluar la eficiencia económica de una actividad productiva agrícola mediante la comparación entre beneficios y costos. (FAO,2013).

2.3.10 Relación Beneficio/Costo

Es un indicador económico que compara los beneficios obtenidos con los costos incurridos; cuando el valor es mayor que 1 indica que la actividad es rentable, y cuando es menor que 1 no cubre los costos de producción. (FAO, 2013).

CAPITULO III

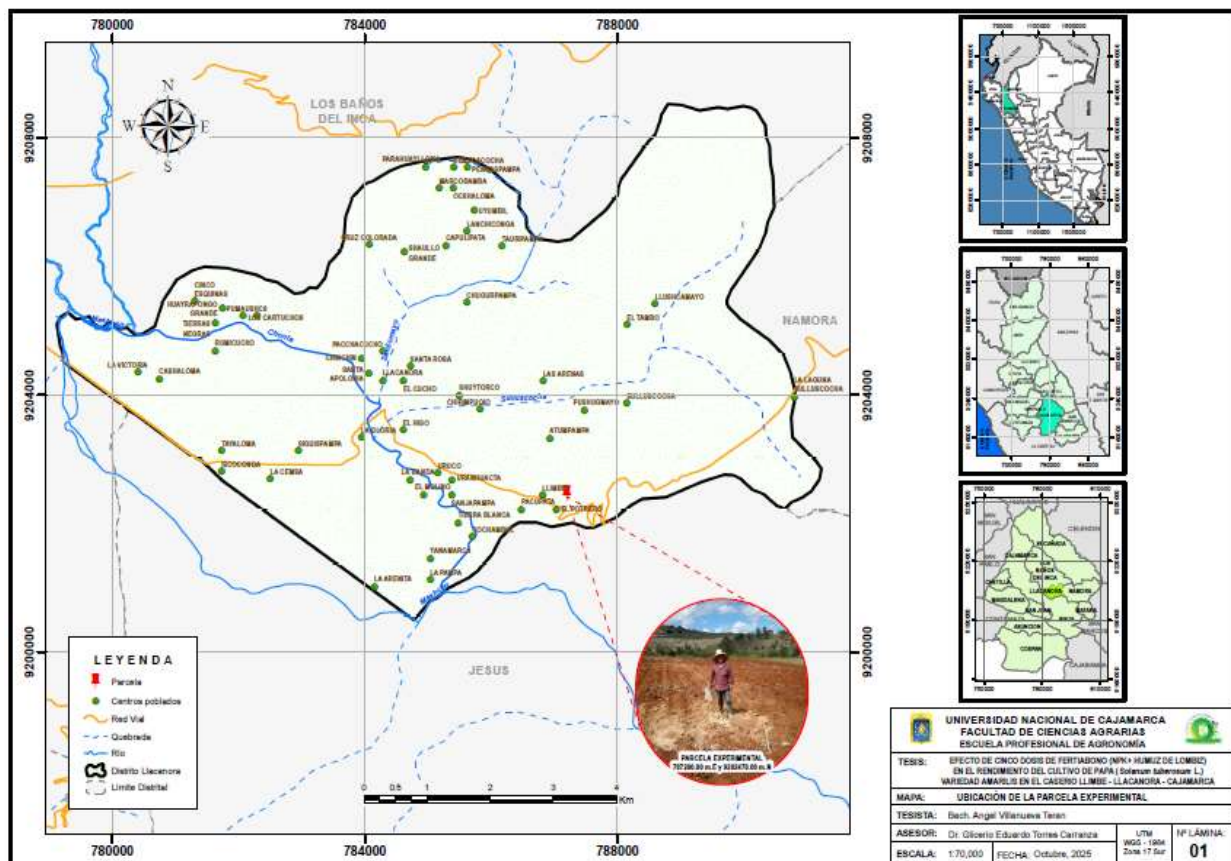
MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del Campo Experimental

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el caserío Llimbe, ubicado en el distrito de Llacanora, provincia y departamento de Cajamarca, a 2794 m s. n. m. (coordenadas UTM: 787191.44 m E, 9202438.48 m S), entre los meses de febrero y octubre del 2024. La zona presenta un clima lluvioso y frío, con temperaturas máximas entre 15 y 24 °C, precipitación anual de 650 a 750 mm y humedad relativa de 60 a 75 % (SENAMHI, 2023). El acceso se realiza por la carretera Cajamarca – San Marcos.

Figura 8

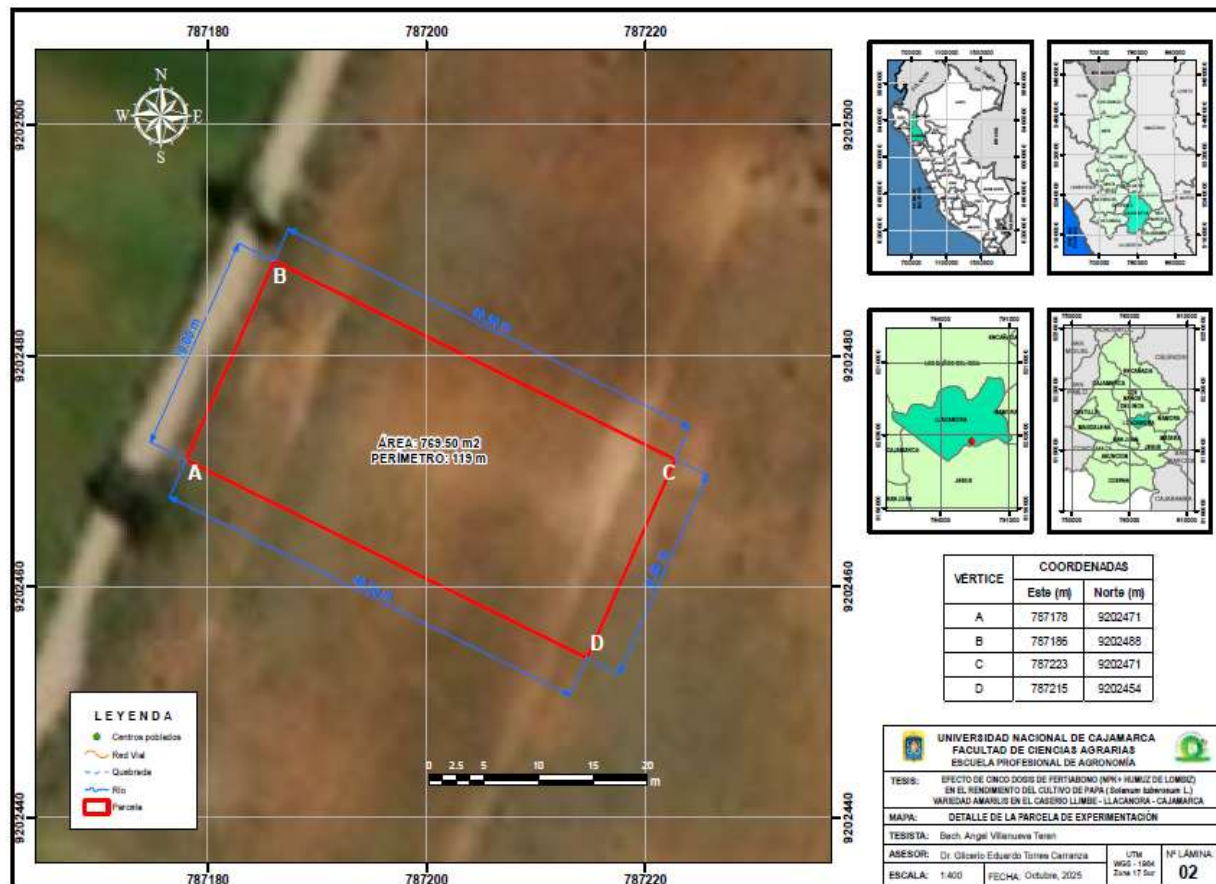
Mapa de Ubicación del Caserío Llimbe-Llacanora



Nota. Mapa de Ubicación del caserío Llimbe, de Google Earth Pro . <https://earth.google.com/web/>.

Figura 9

Ubicación de la Parcela de Investigación



Nota. Ubicación de la parcela, de Google Earth Pro, <https://earth.google.com/web/>.

3.1 Materiales, Insumos, Equipos y Herramientas

3.1.1. Materiales

3.1.1.1. Material Biológico

- Semilla certificada de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Amarilis.

3.1.1.2. Material de Campo

- Estacas de madera
- Libreta de campo
- Rafia
- Bolsas plásticas
- Wincha
- Letreros de identificación
- Yeso
- Cordel
- Planos del área experimental

3.1.1.3. Material de Escritorio

- Cuaderno de apuntes
- Lapiceros
- Marcador indeleble
- Papel bond A4 (80 g)
- Cinta adhesiva
- Sobres de manila
- Cartulina
- Cúter
- Tijeras
- Regla graduada

3.1.1.4. Material de Laboratorio

- Cúter
- Tijera
- Lejía
- Alcohol
- Bolsas de papel kraft
- Agua destilada
- Recipientes de vidrio

3.1.2. Insumos

- Fertilizantes químicos: Urea (46% N), Superfosfato Triple (46% P_2O_5) y Cloruro de Potasio (60% K_2O).
- Abono orgánico: Humus de lombriz (procedente del Centro Experimental La Victoria).
- Insecticida: Tifon 4E.
- Fungicida: Ridomil Gold MZ 68 WP.

3.1.3. Equipos

- GPS
- Laptop
- Estufa
- Balanza electrónica
- Cámara fotográfica (celular Motorola E6)
- Barreno muestreador
- Vernier
- Wincha
- Calculadora
- Mochila manual de fumigar
- Motobomba de 3" (5.5 HP)
- Mangueras de 2" y 3"

3.1.4. Herramientas

- Lampas
- Palana
- Picos
- Rastrillo

3.3 Diseño Experimental.

Se empleo el diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos un testigo y tres repeticiones.

3.4 Tratamientos

Los tratamientos fueron cinco y recibieron la aplicación de diferentes niveles de NPK de acuerdo a la fórmula de recomendación nutricional del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) N, P₂O₅, K₂O (150,140,130) kg ha⁻¹ en diferentes porcentajes, mas una dosis de 1 t ha⁻¹ de humus de lombriz de acuerdo al siguiente cuadro.

Tabla 6
Niveles y descripción de los tratamientos

Tratamientos	Niveles	Descripción por tratamiento	Símbolo
0	Testigo	Sin aplicación	T1
1 t ha ⁻¹ humus	Humus orgánico	3 kg de humus por parcela	T2
NPK (25%) + 1 t ha ⁻¹ humus	37 kg N – 35 kg P ₂ O ₅ – 32.5 kg K ₂ O	244.57 g Urea + 76.09 g SFT + 162.50 g KCl + 3 kg humus por parcela	T3
NPK (50%) + 1 t ha ⁻¹ humus	75 kg N – 70 kg P ₂ O ₅ – 65 kg K ₂ O	489.13 g Urea + 456.52 g SFT + 175.00 g KCl + 3 kg humus por parcela	T4
NPK (100%) + 1 t ha ⁻¹ humus	150 kg N – 140 kg P ₂ O ₅ – 130 kg K ₂ O	978.26 g Urea + 913.04 g SFT + 650.00 g KCl + 3 kg humus por parcela	T5
NPK (100%)	150 kg N – 140 kg P ₂ O ₅ – 130 kg K ₂ O	978.26 g Urea + 913.04 g SFT + 650.00 g KCl por parcela	T6

Nota. Las dosis expresadas en gramos por parcela fueron calculadas a partir de los niveles de fertilización en kg ha⁻¹, considerando el área útil de cada unidad experimental. Urea (46% N), SFT = Superfosfato Triple (46% P₂O₅) y KCl = Cloruro de Potasio (60% K₂O).

3.5 Modelo Estadístico

Cada observación del experimento se expresó mediante una ecuación lineal en los parámetros, en conjunto se conformó el modelo para el diseño de bloques completos al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,t \\ j=1,2,\dots,r \end{matrix}$$

μ = Parámetro, efecto medio

τ_i = Parámetro, efecto del tratamiento

β_j = Parámetro, efecto del bloque

ε_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la Y

ij = Observación en la unidad experimental

3.6 Análisis Estadístico

Para analizar el efecto de los diferentes tratamientos de fertiabono en el rendimiento del cultivo de papa, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) acorde al diseño experimental. Con el objetivo de identificar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, y controlando la tasa de error familiar, se aplicó la prueba *post hoc* de Tukey al nivel de significación del 5% ($\alpha=0.05$). El análisis económico de los tratamientos se llevó a cabo utilizando la metodología de la Tasa Marginal de Retorno (TMR), propuesta por Perrin et al. (1988).

3.7 Dimensiones del Campo Experimental

3.7.1 Bloques

- Número de bloques: 3
- Largo del bloque: 38.50 m
- Ancho del bloque: 5.00 m
- Área de bloque: 192.50 m²
- Área total de bloques: 577.50 m²

3.7.2 Tratamientos

- Número de tratamientos: 18
- Número de tratamientos por bloque: 6
- Largo del tratamiento: 6.00 m
- Ancho del tratamiento: 5.00 m
- Área del tratamiento: 30.00 m²
- Área total de tratamientos: 540.00 m²

3.7.3 Calles

- Número de calles dentro de bloques: 2
- Largo de la calle dentro de bloques: 38.50 m
- Ancho de la calle: 1.00 m
- Área de la calle: 38.50 m²
- Área total de calles dentro de bloques: 77.0 m²

3.7.4 Pasadizos

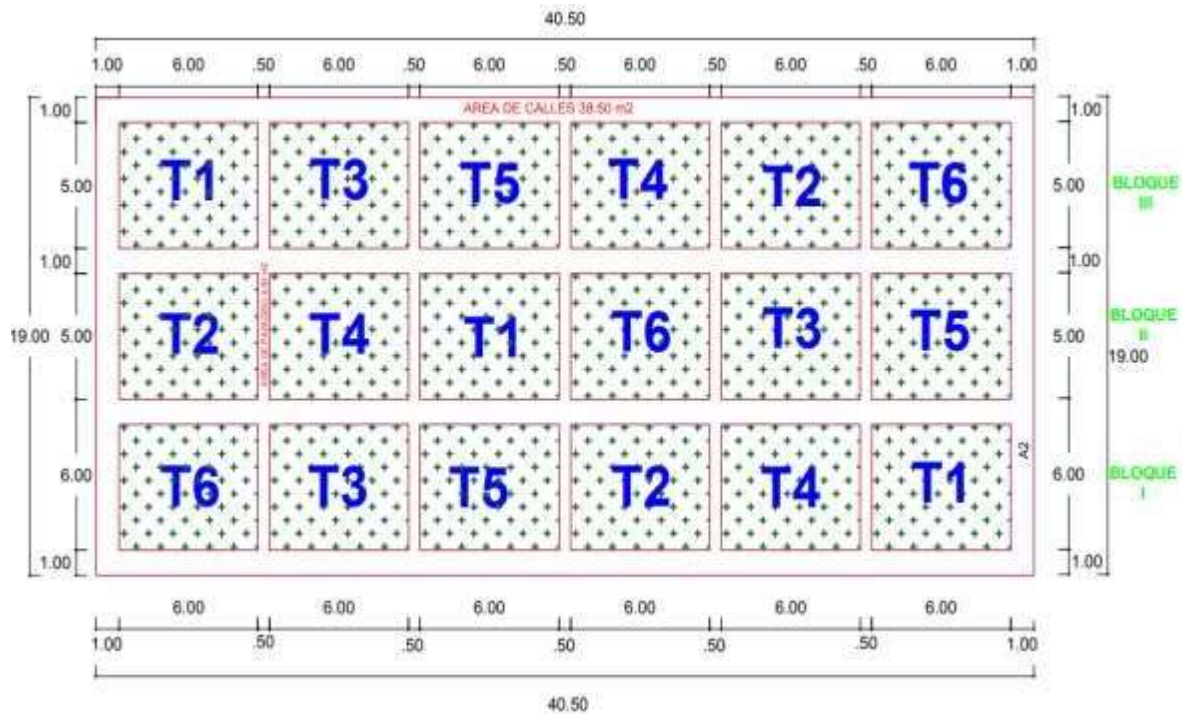
- Número de pasadizos de tratamientos: 5
- Largo de pasadizos dentro de tratamiento: 17.00 m
- Ancho de pasadizo: 0.50 m
- Área de pasadizo: 8.50 m²
- Área total de calles dentro de tratamientos: 42.50 m²

3.7.5 Áreas del Experimento

- Área parcial del experimento: 654.50 m²
- Área total del experimento: 769.50 m²

Figura 10

Distribución del Campo Experimental



3.8 Metodología.

Se realizó las siguientes actividades para el desarrollo y obtención de datos de la investigación.

3.8.1 Conducción del Experimento

3.8.1.1 Análisis del Suelo. Se realizó un recorrido en forma de zigzag, tomando 8 puntos de submuestreo en el área experimental para obtener una muestra compuesta de 1.0 kg, la cual fue llevada al Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA Baños del Inca – Cajamarca), para la determinación del análisis de fertilidad y textura.

Tabla 7**Resultados del Análisis de Suelo**

Ensayo	Unidad	Resultado
pH		8
Carbonatos de Calcio equivalente	%	16.8
Materia Orgánica	%	2.6
Fósforo disponible (**)	mg/kg	7.3
Potasio disponible (**)	mg/kg	122.2
Conductividad Eléctrica	mS/m	10.1
Arena (**)	%	48
Arcilla (**)	%	34
Limo (**)	%	18
Clase Textural ()**		F Ar A

Nota. Resultados del de Análisis de Suelo. Adaptado de Informe de Ensayo N° 030334-24/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA, emitido por el Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Baños del Inca del INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria), con fecha de emisión 11/03/2024.

El suelo presentó un pH de 8.0, indicando una reacción ligeramente alcalina, típica de suelos calcáreos. Este valor puede limitar la disponibilidad de nutrientes como fósforo, hierro, zinc y manganeso. Además, el alto contenido de carbonatos de calcio (16.8%) confirma su naturaleza calcárea, lo que contribuye al pH elevado y reduce la solubilidad de algunos nutrientes. La materia orgánica (2.6%) se encontró en un nivel medio, aportando nitrógeno y mejorando la estructura del suelo, aunque sería recomendable incrementarla por encima del 3% para mejorar la capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes.

En cuanto a la fertilidad, el fósforo disponible (7.3 mg kg⁻¹) es medio debido a la fijación del elemento en suelos alcalinos, por lo que se sugiere aplicar fuentes solubles como superfosfato triple o usar compost y guano fosfatado. El potasio (122.2 mg kg⁻¹) es medio y suficiente para la mayoría de los cultivos, mientras que la conductividad eléctrica (10.1 mS m⁻¹) indica baja salinidad, sin riesgo para las plantas. La textura franco-arcillosa arenosa (48% arena, 34% arcilla

y 18% limo) ofrece buena aireación y drenaje moderado, aunque debe evitarse trabajar el suelo húmedo para prevenir su compactación.

3.8.1.2 Análisis del Humus de Lombriz. Se recolectó 1 kg de humus de lombriz proveniente de las camas de lombricultura del Programa de Abonos Orgánicos, ubicadas en el Fundo La Victoria de la Escuela de Agronomía de la Universidad Nacional de Cajamarca. La muestra fue posteriormente trasladada al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se realizó el análisis correspondiente para determinar sus propiedades.

Tabla 8

Resultados de Análisis de Humus de Lombriz

M.O %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	C.E ds ⁻¹	pH
26.42	0.73	0.85	0.54	5.44	0.69	3.87	7.93

Nota. Resultados del Análisis de Humus de Lombriz. Adaptado de análisis realizado por el Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con fecha de análisis 01 de abril de 2024.

El análisis del humus de lombriz muestra un alto contenido de materia orgánica (26.42%), lo que indica una excelente capacidad para mejorar la estructura del suelo, incrementar la retención de agua y favorecer la actividad microbiana. El nitrógeno (0.73%) se encuentra en un nivel adecuado para un abono orgánico, aportando este nutriente esencial de forma lenta y sostenida a los cultivos. Asimismo, el contenido de fósforo (0.85% P₂O₅) y potasio (0.54% K₂O) es equilibrado, contribuyendo al desarrollo radicular, la floración y la resistencia de las plantas.

En cuanto a los elementos secundarios, el calcio (5.44% CaO) y el magnesio (0.69% MgO) se encuentran en concentraciones que ayudan a mejorar la estructura del suelo y la absorción de otros nutrientes. La conductividad eléctrica (3.87 dS m⁻¹) es moderada, lo que indica la presencia de sales solubles; por ello, se recomienda aplicar el humus en dosis controladas o

mezclado con suelo para evitar acumulaciones salinas. Finalmente, el pH de 7.93 revela una ligera alcalinidad, lo que lo hace adecuado para neutralizar suelos ácidos, aunque debe aplicarse con precaución en suelos ya alcalinos para no elevar demasiado el pH. En conjunto, se trata de un abono orgánico rico y equilibrado, ideal para mejorar la fertilidad y la estructura del suelo.

3.8.1.3 Preparación del Terreno. Quince días previos a la siembra, se realizó la preparación del terreno mediante tracción mecánica (tractor), llevándose a cabo las labores de arado y desterronado. El surcado y la nivelación de las unidades experimentales se efectuaron manualmente el día anterior a la siembra.

3.8.1.4 Trazado del Campo Experimental. El trazado de las unidades experimentales se realizó de acuerdo con las dimensiones establecidas en el croquis del experimento, incluyendo la disposición de bloques, tratamientos, calles y pasadizos. Para marcar cada unidad experimental, se utilizaron cordel y yeso, y posteriormente se delimitó cada una con estacas de 1.20 m de largo, rafia y un cartel de identificación.

3.8.1.5 Fertilización y Abonamiento Orgánico. Se realizó la fertilización de fondo en cada surco de cada unidad experimental, utilizando la mezcla de Fertiabono (Urea, Superfosfato Triple de Calcio y Cloruro de potasio + Humus de Lombriz) en diferentes porcentajes y cantidades, siguiendo la fórmula de recomendación del INIA (150-140-130 Kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente). La distribución específica de las cantidades de los fertilizantes y el abono orgánico para cada tratamiento se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 9***Distribución de tratamientos por niveles y cantidades***

Tratamiento	Niveles	Descripción por tratamiento	Símbolo
0	Testigo	Sin aplicación	T1
1 t ha ⁻¹ humus	Humus orgánico	3 kg de humus por parcela	T2
NPK (25%) + 1 t ha ⁻¹ humus	37 kg N – 35 kg P ₂ O ₅ – 32.5 kg K ₂ O	244.57 g Urea + 76.09 g SFT + 162.50 g KCl + 3 kg humus por parcela	T3
NPK (50%) + 1 t ha ⁻¹ humus	75 kg N – 70 kg P ₂ O ₅ – 65 kg K ₂ O	489.13 g Urea + 456.52 g SFT + 175.00 g KCl + 3 kg humus por parcela	T4
NPK (100%) + 1 t ha ⁻¹ humus	150 kg N – 140 kg P ₂ O ₅ – 130 kg K ₂ O	978.26 g Urea + 913.04 g SFT + 650.00 g KCl + 3 kg humus por parcela	T5
NPK (100%)	150 kg N – 140 kg P ₂ O ₅ – 130 kg K ₂ O	978.26 g Urea + 913.04 g SFT + 650.00 g KCl por parcela	T6

Nota. Las dosis expresadas en gramos por parcela fueron calculadas a partir de los niveles de fertilización en kg ha⁻¹, considerando el área útil de cada unidad experimental. Urea (46% N), SFT = Superfosfato Triple (46% P₂O₅) y KCl = Cloruro de Potasio (60% K₂O).

3.8.1.6 Siembra. Se utilizó un promedio de 79.2 kg de semilla certificada de la variedad Amarilis, proveniente del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). La semilla seleccionada presentó brotamiento vigoroso, uniforme y múltiple, con un peso promedio de 100 gr., correspondiendo a la categoría de semilla de segunda.

La siembra se realizó depositando una semilla por golpe en el fondo de cada surco, orientando los brotes hacia arriba. El distanciamiento establecido fue de 1.0 m entre surcos y 0.50 m entre semillas a lo largo del surco. Posteriormente, se efectuó el tapado de manera uniforme. La cantidad específica de semilla y la densidad de siembra dentro de cada unidad experimental se ajustaron de acuerdo con lo detallado en la siguiente Tabla:

Tabla 10***Detalles de siembra en el campo experimental***

Descripción	Cantidad	Unidad
Número de bloques	3	Und.
Número de unidades experimentales por bloque	6	Und.
Número total de unidades experimentales	18	Und.
Marco plantación	1 x 0.5	m
Largo parcela	6	m
Ancho parcela	5	m
Área de la unidad experimental	30	m ²
Número de surcos por tratamiento	4	Surcos
Número de plantas por surco	11	Plantas
Número de plantas por tratamiento	44	Plantas
Número de semillas por surco	11	semillas
Número de semillas por tratamiento	44	semillas
Número de semillas por bloque	264	semillas
Número de semilla por campo experimental	792	semillas
Porcentaje de germinación promedio	95	%
Cantidad de semillas que germinan	752	semillas
Cantidad de semillas que no germinan	40	semillas
Porcentaje de semilla que no germina	5	%
Peso promedio de semilla	100	gr
Cantidad de semilla por campo experimental en kilos	79.2	Kg
Cantidad de semilla por campo experimental en arrobas	7	arroba
Cantidad promedio de semilla a comprar	9	arroba
Costo total de semilla	198	S/.
Precio de semilla por arroba	22	S/.

3.8.1.7 Riego. Los riegos se realizaron de acuerdo con las fases fenológicas del cultivo, la textura y porosidad del suelo, la evapotranspiración y la precipitación del lugar. Se utilizó una motobomba para distribuir el agua en los surcos. El primer riego se aplicó cuatro días antes de la siembra con el fin de llevar el suelo a capacidad de campo. Los riegos posteriores se efectuaron considerando el desarrollo del cultivo, especialmente durante la etapa de tuberización.

3.8.1.8 Deshierbo. El control de malezas se realizó manualmente de forma mensual. La primera intervención tuvo lugar cuando las plantas alcanzaron una altura de entre 15 y 20 cm, aproximadamente a los 30 días después de la siembra. Con esta práctica, se buscó evitar la competencia de malezas por agua, nutrientes y espacio.

3.8.1.9 Aporque. Se realizaron dos aporques. El primero se llevó a cabo a los 45 días después de la siembra, y el segundo, 15 días después del primer aporque, siguiendo las recomendaciones de la ficha técnica de la variedad.

3.8.1.10 Se realizaron evaluaciones quincenales para determinar la presencia e incidencia de racha (*Phytophthora infestans*), gorgojo de los Andes (*Premnotrypes spp.*) y mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*). También se llevaron a cabo controles preventivos químicos según la incidencia de plagas y enfermedades, utilizando los siguientes productos de acuerdo con las fichas técnicas correspondientes: Insecticida: Tifon 4E, Fungicida: Ridomil Gold MZ 68 WP.

Cosecha. La cosecha se realizó con herramientas manuales (picos y lampas) a los 155 días después de la siembra, momento en que el cultivo alcanzó su madurez fisiológica y comercial. Este punto se determinó al observar que la cutícula o epidermis de los tubérculos no se desprendía con la fricción de los dedos y el follaje presentaba marchitez y clorosis.

3.8.2 Evaluación de Parámetros

Se realizaron dos tipos de evaluaciones, de acuerdo con el cuadro de operacionalización de variables: evaluaciones pre-cosecha y evaluaciones post- cosecha.

3.8.2.1 Evaluaciones Pre Cosecha

- a. Porcentaje de Emergencia (% Pe).** Entre los 40 y 50 días después de la siembra (dds), se contó el número de plantas emergidas en relación con el número de plantas sembradas por tratamiento en cada bloque. El valor resultante se expresó en porcentaje, aplicando la siguiente fórmula:

$$\%Pe = \frac{\text{Numero de plantas emergidas por tratamiento}}{\text{Numero total de plantas por tratamiento}} \times 100$$

- b. Altura de planta (cm).** La medición se realizó en 10 plantas seleccionadas al azar por tratamiento en cada bloque, cuando las plantas alcanzaron aproximadamente el 80% de floración (a los 105 días después de la siembra). Se consideró este momento, ya que la planta alcanza su máximo desarrollo y crecimiento. La altura se midió desde la base (nivel del suelo) hasta el ápice de la planta utilizando una regla graduada.
- c. Número de tallos por planta (NT).** Se contabilizó el número de tallos por cada planta a nivel de la superficie del suelo, aproximadamente a los tres meses después de la siembra, cuando las plantas alcanzaron alrededor del 80% de floración (105 días después de la siembra). Para esta evaluación, se seleccionaron al azar 10 plantas por tratamiento en cada bloque.
- d. Índice de Área foliar (IAF).** La medición del área foliar se realizó de forma indirecta en 10 hojas de 10 plantas seleccionadas al azar en la parte central de la unidad experimental de cada bloque, cuando las plantas alcanzaron el 80% de floración (a los 105 días después de la siembra). Para determinar el área de cada hoja, se utilizaron el programa de edición ImageJ y la aplicación PetiolePro. Posteriormente, para determinar el área ocupada por la planta en el suelo, se midió el largo y el ancho utilizando una regla graduada. Finalmente, se aplicó la siguiente fórmula para calcular el Índice de Área Foliar:

$$IAF = \frac{\text{Area Foliar (cm}^2 \text{ ó m}^2\text{) N}^\circ \text{ plantas por tratamiento}}{\text{Area Sembrada (cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ ó m}^2\text{)}}$$

3.8.2.2 Evaluaciones Post Cosecha

- a. **Materia Seca del Follaje (Parte Aérea) (% MSF).** Para determinar el contenido de materia seca del follaje, se cortaron dos plantas por cada tratamiento en cada bloque, obteniéndose un total de 12 muestras por bloque. Estas muestras se colocaron en bolsas plásticas identificadas para su posterior traslado al laboratorio. Una vez en el laboratorio, el follaje se cortó en trozos pequeños de aproximadamente 1.5 cm, se pesó la muestra (registrando este dato como Peso Inicial) y se colocó en bolsas de papel o sobres manila identificados. Posteriormente, todas las muestras se introdujeron en una estufa a 105 °C durante 48 horas. Transcurrido este tiempo, las muestras se retiraron, se pesaron (registrando el valor como Peso Final) y se aplicó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de Materia Seca en el follaje.

$$\% \text{ MSF} = 100\% - \left(\frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \right) * 100$$

- b. **Materia Seca de Tubérculos (% MST).** Se tomaron tres tubérculos por tratamiento de cada bloque y se pesaron, registrándose este dato como Peso Inicial. Cada tubérculo se cortó en trozos pequeños y se colocó en recipientes identificados por tratamiento y bloque para su posterior traslado a la estufa. En la estufa, las muestras se secaron a 105 °C durante 48 horas. Transcurrido este tiempo, las muestras se retiraron y se pesaron, registrándose este dato como Peso Final. Finalmente, se aplicó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de materia seca de tubérculos.

$$\% \text{ MSF} = 100\% - \left(\frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \right) * 100$$

- c. **Índice de cosecha (IC).** Para determinar el índice de cosecha (IC), se tomaron los porcentajes de materia seca del follaje y los tubérculos, y se aplicó la fórmula siguiente:

$$\% IC = \frac{\text{Materia seca de la parte cosechable (tuberculos)}}{\text{Materia seca total (MS tuberculos + Ms Follaje)}} \times 100$$

- d. **Número Total de tubérculos (NTT).** Al momento de la cosecha, se contabilizaron todos los tubérculos (comerciales y no comerciales) de cada tratamiento en cada bloque.
- e. **Número de tubérculos no comerciales por planta (NTNCP).** De las 10 plantas seleccionadas al azar por cada tratamiento en cada bloque, se separaron los tubérculos según su peso y diámetro, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 11

Clasificación de tubérculos por peso y tamaño

Calibre	Peso	Diámetro	Clasificación
Gruesa	> 81 gr	> 80 mm	No comercial
Tercera	20 gr – 39gr	28 mm – 44 mm	No comercial
Cuarta	< 20 gr	< 2	No comercial

Nota. MINAGRI – Reglamento Especifico Semilla Papa (2018).

- f. **Numero de tubérculos comerciales por planta (NTCP).** De las 10 plantas seleccionadas al azar por cada tratamiento en cada bloque, se separaron los tubérculos según su peso y diámetro, de acuerdo con la siguiente tabla

Tabla 12**Clasificación de tubérculos por peso y tamaño**

Calibre	Peso	Diámetro	Clasificación
Primera	60 gr – 80 gr	60 mm – 79 mm	Comercial
Segunda	40 gr – 59 gr	45 mm – 59 mm	Comercial

Nota. MINAGRI – Reglamento Especifico Semilla Papa (2018).

- g. Rendimiento Total.** Para esta evaluación, se contabilizaron todos los tubérculos cosechados (comerciales y no comerciales) de cada tratamiento en cada bloque. A partir de este dato, se calculó el rendimiento por hectárea aplicando la siguiente fórmula (Hay y Walker, 1989)

$$RT = \text{Densidad de siembra (ha)} \times N^{\circ} \text{ tuberc planta} \times \text{Peso Prom. de tuberculo Fresco}$$

3.8.3 Análisis de Costos de Producción y Rentabilidad

La estimación de los costos de producción se realizó considerando las labores agrícolas ejecutadas durante la investigación, incluyendo costos fijos y variables. Los gastos se calcularon por tratamiento experimental y luego se proyectaron a una hectárea, unidad estándar de cultivo. Para el análisis económico se emplearon los siguientes indicadores:

- **Costo Total de Producción (CTP)**

$$CTP = \text{Costos Directos} + \text{Costos Indirectos}$$

- **Valor Bruto de la Producción (VBP)**

$$VBP = \text{Rendimiento (kg/ha)} \times \text{Precio Unitario (S/ por kg)}$$

- **Producción Vendida (95%)**

$$\text{Producción Vendida} = 0.95 \times \text{Rendimiento} \times \text{Precio Unitario}$$

- **Utilidad Bruta (UB)**

$$\text{UB} = \text{Valor Bruto de la Producción} - \text{Costo Total de Producción}$$

- **Utilidad Neta Estimada (UNE)**

$$\text{UNE} = \text{Producción Vendida} - \text{Costo Total de Producción}$$

- **Costo Unitario de Producción (CUP)**

$$\text{CUP} = \text{Costo Total de Producción} / \text{Rendimiento}$$

- **Índice de Rentabilidad (IR)**

$$\text{IR} = (\text{Utilidad Neta Estimada} / \text{Costo Total de Producción}) \times 100$$

- **Relación Costo/Beneficio (B/C)**

$$\text{B/C} = \text{Valor Bruto de la Producción} / \text{Costo Total de Producción}$$

3.8.4 Procesamiento y Análisis de Datos

Luego de recolectar los datos en campo y laboratorio, estos fueron revisados, depurados y organizados en hojas de cálculo de Excel. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para determinar la existencia de diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos para cada variable evaluada. Cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para identificar los tratamientos con medias estadísticamente distintas. El análisis estadístico, la elaboración de tablas y la generación de gráficos se efectuaron utilizando el software InfoStat.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el campo experimental, incluyendo el análisis estadístico según el diseño de bloques completamente al azar y el análisis económico de cada unidad experimental. Se evaluó el efecto de distintas dosis de fertiabono sobre la morfología vegetativa de la papa, considerando variables como altura de planta, área foliar y número de tallos por planta. Asimismo, se examinó su influencia en la producción de tubérculos, midiendo el número total y el número de tubérculos comerciales por planta. También se analizó el impacto sobre la calidad y eficiencia del cultivo mediante la materia seca del follaje, materia seca de los tubérculos e índice de cosecha. Finalmente, se determinó el efecto de las dosis de fertiabono sobre el rendimiento, expresado como rendimiento total y rendimiento de tubérculos comerciales por hectárea.

4.1 Variables Analizadas

4.1.1 Rendimiento Total (RT) (kg ha^{-1})

Según los resultados registrados en la Tabla 13 del análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento total (kg ha^{-1}), se identificaron variaciones estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados, con un valor de significancia de $P = 0.0001$, inferior al umbral del 5% ($\alpha = 0.05$). Esto permite rechazar la hipótesis nula para los tratamientos, indicando que las distintas estrategias de fertilización evaluadas influyeron significativamente en el rendimiento total del cultivo. En contraste no se observaron diferencias con significancia estadística entre los bloques, ya que el valor de significancia de $P = 0.0665$, fue mayor al nivel del 5%. Por tanto, se acepta la hipótesis nula para los bloques, lo que sugiere que la variabilidad entre ellos no evidencio diferencias estadísticas significativas sobre el rendimiento.

Tabla 13***Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento total (kg ha⁻¹)***

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadros	Cuadros medios	F Calculado	P- valor
Tratamiento	5	325173462.12	65034692.42	76.58	0.0001***
Bloques	2	6113735.27	3056867.63	3.60	0.0665*
Error	10	8492750.82	849275.09		
Total	17	339779948.21			

Nota. * = Significativo; ***Altamente Significativo

CV=6.97%

El coeficiente de variación (CV) obtenido fue de 6.97%, lo que indica una poca variación de los datos respecto al promedio general del rendimiento total. Este valor sugiere que el experimento presenta buena precisión estadística y que los resultados son confiables. Por tanto, las diferencias encontradas entre tratamientos pueden atribuirse principalmente al efecto de las fertilizaciones evaluadas.

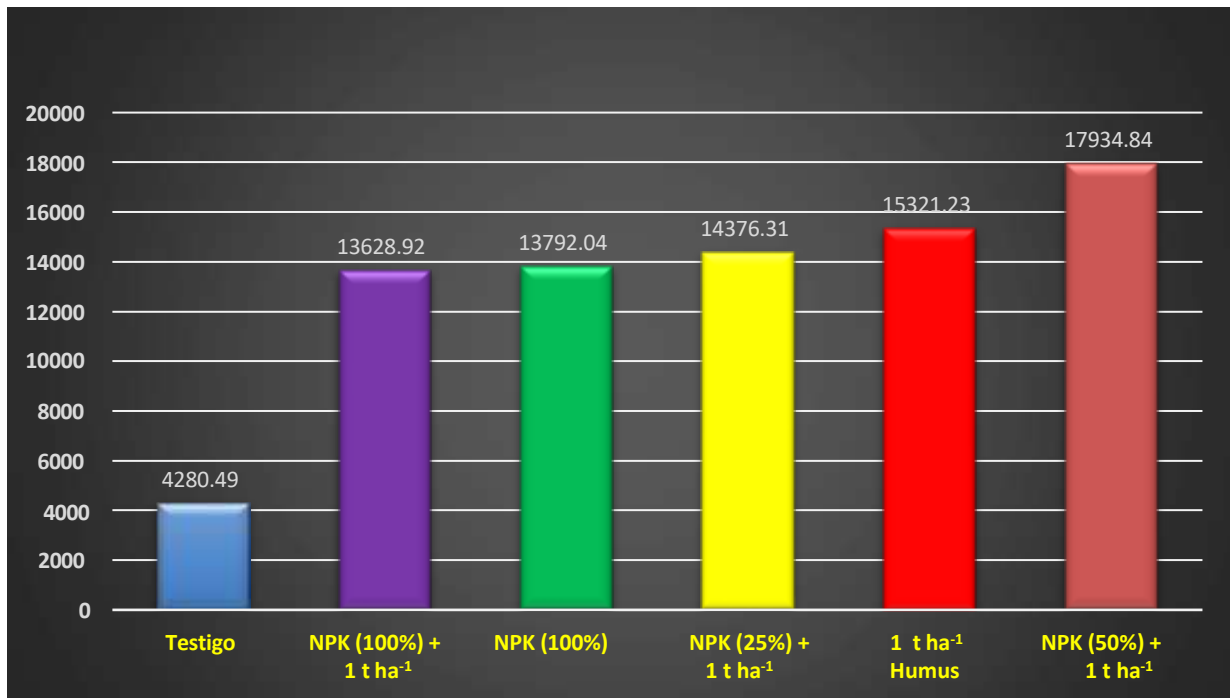
Tabla 14***Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento total (kg ha⁻¹)***

Tratamientos	Medias	Agrupación
NPK (50%) +1 t ha ⁻¹	17934.84	A
1 t ha ⁻¹	15321.23	B
NPK (100%) +1 t ha ⁻¹	13628.92	B
NPK (25%) +1 t ha ⁻¹	14376.31	B
NPK (100%)	13792.04	B
Testigo	4 280.49	C

Nota. La tabla presenta los resultados de una prueba de comparación de medias realizada mediante el programa estadístico InfoStat

Figura 11

Rendimiento total en Kg ha⁻¹ de los tratamientos



Los hallazgos obtenidos en esta investigación demuestran que las combinaciones de NPK con abono orgánico tienen una incidencia significativa sobre el nivel de rendimiento total del cultivo. En particular, el tratamiento con NPK al 50% + 1 t ha⁻¹ de abono orgánico evidenció el mejor resultado en rendimiento total (17,934.84 kg ha⁻¹), mientras que el testigo (sin fertilización) presentó el valor más bajo (4,280.49 kg ha⁻¹).

Estos hallazgos coinciden con investigaciones realizadas en Cajamarca, como la de Ispilco (2025), Benavides (2019) y Castillo (2019), quienes reportaron mejoras significativas en el rendimiento del cultivo con el uso de abonos orgánicos. Asimismo, Díaz (2019) subrayó la importancia de una nutrición equilibrada con NPK para maximizar la producción, coincidiendo con los resultados del presente estudio donde la combinación de NPK moderado con abono orgánico (NPK (50%) + 1 t ha⁻¹) fue más efectiva que el uso exclusivo de fertilizantes químicos (NPK (100%) = 13,792.04 kg ha⁻¹).

Adicionalmente, estudios en otros cultivos realizados en la región respaldan la eficacia de los fertilizantes orgánicos. Hoyos y Torres (2023) en betarraga y Guevara y Torres (2021) en tara evidenciaron mejoras en el crecimiento y desarrollo de plantas con la aplicación de abonos orgánicos. Esta sinergia entre fertilización orgánica e inorgánica también ha sido documentada por Haggag et al. (2021) y Alam et al. (2019), quienes destacaron mejoras en el rendimiento y calidad de los cultivos.

En conclusión, los resultados de esta investigación fortalecen la hipótesis de que la aplicación de estrategias de fertilización integrada, particularmente la combinación de NPK al 50% con humus de lombriz, representa una vía prometedora para optimizar la producción del cultivo bajo las condiciones agroecológicas de Cajamarca. Asimismo, la evaluación de diferentes variedades del cultivo y un análisis económico detallado se presentan como líneas de investigación esenciales para validar la rentabilidad y la aplicabilidad generalizada de estas estrategias de manejo nutricional integrado.

4.1.2 Índice de Cosecha

Según los resultados del análisis de varianza (Tabla 15), se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el índice de cosecha (IC) entre los tratamientos evaluados, como lo indica el valor de $p = 0.0001$, que es inferior al nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$). Esto indica que las distintas combinaciones de fertilización sí influyeron significativamente sobre esta variable, por lo cual se rechaza la hipótesis nula para los tratamientos y se acepta que al menos uno de ellos presenta un efecto diferente respecto a los demás.

En contraste, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los bloques experimentales ($p = 0.4862$), lo que sugiere que la variabilidad ambiental entre bloques fue baja y no afectó de manera significativa al índice de cosecha. Por tanto, se acepta la hipótesis nula para los bloques. La alta razón F (99.02) y el bajo cuadro medio del error (1.73) respaldan la consistencia del efecto de los tratamientos sobre la variable en estudio. En este sentido, se recomienda aplicar una prueba de comparación de medias, como la de Tukey, para identificar cuáles tratamientos difieren significativamente y confirmar si el tratamiento NPK (50%) + 1 t ha⁻¹ presenta los mejores resultados en el índice de cosecha bajo las condiciones del presente experimento.

Tabla 15***Análisis de varianza (ANOVA) para Índice de cosecha***

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadros	Cuadros medios	F Calculado	P- valor
Tratamiento	5	855.23	171.05	99.02	0.0001***
Bloques	2	2.68	1.34	0.78	0.4862 NS
Error	10	17.27	1.73		
Total	17	875.19			

Nota. NS = No significativo; *** = Altamente Significativo

CV= 2.50%

A pesar de esta variabilidad entre bloques, el coeficiente de variación (CV) fue de 2.50%, lo cual refleja una dispersión baja de los datos y una excelente precisión experimental para esta variable.

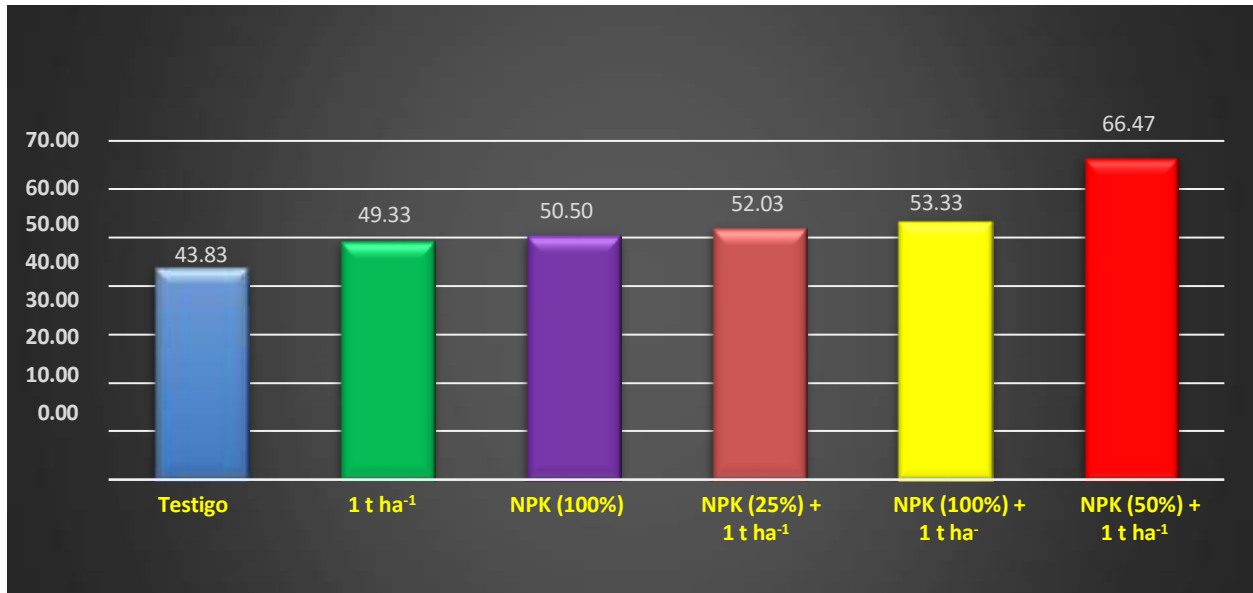
Tabla 16***Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para índice de cosecha***

Tratamientos	Medias	Agrupación
NPK (50%) +1 t ha ⁻¹	66.47	A
NPK (100%) +1 t ha ⁻¹	53.33	B
NPK (25%) +1 t ha ⁻¹	52.03	B C
NPK (100%)	50.50	B C
1 t ha ⁻¹	49.33	C
Testigo	43.83	D

Nota. La tabla presenta los resultados de una prueba de comparación de medias realizada mediante el programa estadístico InfoStat

Figura 12

Índice de cosecha de los tratamientos



La Tabla 16 y la Figura 12 evidencia los resultados de la prueba de Tukey al 5% para el Índice de Cosecha. El tratamiento con NPK (50%) + 1 t ha⁻¹ alcanzó la media más alta (66.47) y difiere significativamente del resto (categoría D). Esto indica que la combinación específica de fertilización química reducida y materia orgánica favoreció la partición de biomasa hacia los órganos cosechables de manera más eficiente. Si bien Villa et al. (2017) se enfocaron en el IAF y su relación con el nitrógeno, nuestros resultados sugieren que el manejo integrado de nutrientes, tal como lo destacan Sharma et al. (2020) en otros cultivos, tiene una influencia positiva en la eficiencia de la cosecha en este estudio.

4.1.3 Número Total de Tubérculos

Las evidencias del ANOVA para el número total de tubérculos indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p = 0.0001$), lo cual demuestra que las estrategias de fertilización aplicadas influyeron en esta variable. Además, se encontraron diferencias significativas entre bloques ($p = 0.0198$), lo que sugiere que condiciones ambientales del sitio también afectaron los resultados, por lo que se recomienda realizar comparación de medias.

Tabla 17***Análisis de varianza (ANOVA) para número total de tubérculos***

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadros	Cuadros medios	F Calculado	P- valor
Tratamiento	5	35726.28	7145.26	1342.53	0.0001***
Bloques	2	63.44	31.72	5.96	0.0198 NS
Error	10	53.22	5.32		
Total	17	35842			

Nota. NS = No significativo; * = Altamente Significativo

CV= 0.56%

El indicador de variabilidad (CV) obtenido fue de 0.56%, lo que evidencia una muy baja variabilidad de los datos respecto a la media. Este valor refleja una alta precisión experimental en la medición del número total de tubérculos. Por lo tanto, los resultados obtenidos son confiables y consistentes dentro del diseño del experimento.

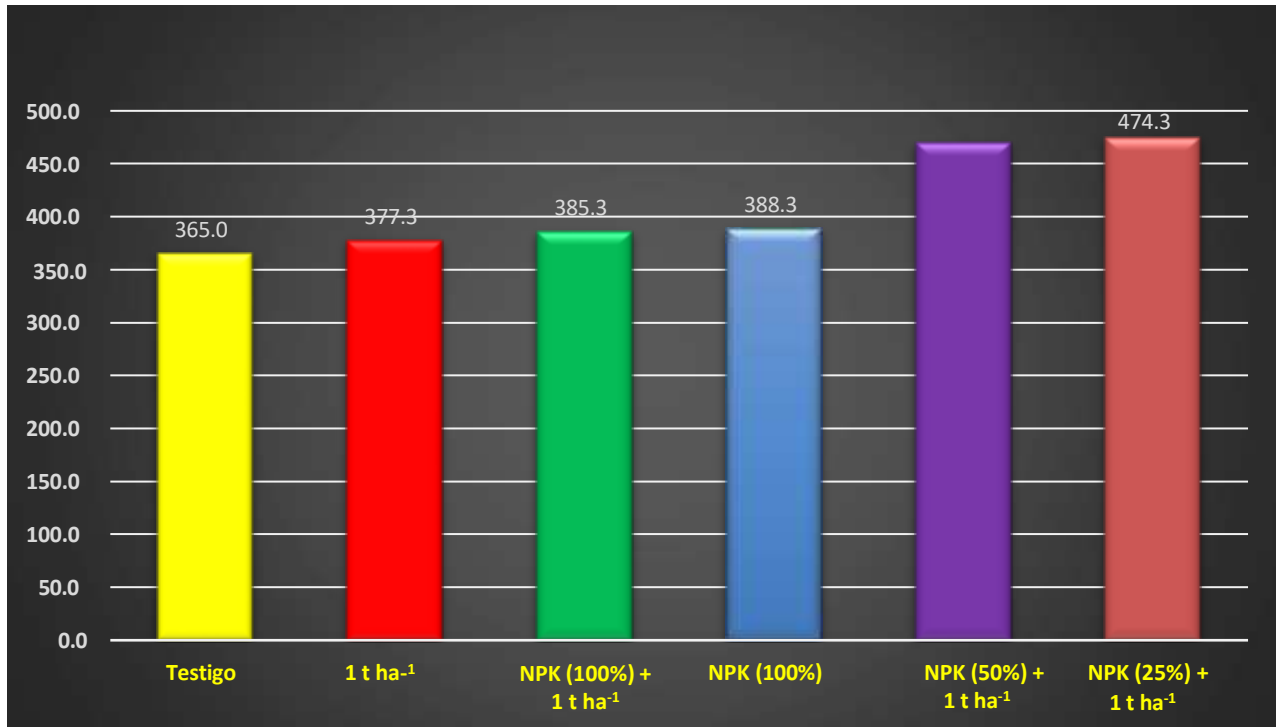
Tabla 18***Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para número total de tubérculos***

Tratamientos	Medias	Agrupación
NPK (25%) +1 t ha ⁻¹	474.3	A
NPK (50%) +1 t ha ⁻¹	470.0	A
NPK (100%)	388.3	B
NPK (100%) +1 t ha ⁻¹	385.3	B
1 t ha ⁻¹	377.3	C
Testigo	365.0	D

Nota. La tabla presenta los resultados de una prueba de comparación de medias realizada mediante el programa estadístico InfoStat

Figura 13

Número total de tubérculos de los tratamientos



La Tabla 18 y la Figura 13 muestran variación significativas en el número total de tubérculos entre los tratamientos (Tukey, $p > 0.05$). El tratamiento con NPK (25%) + 1 t ha⁻¹ mostró la media más alta (474.3), ubicándose en la categoría D. Le sigue el tratamiento con NPK (50%) + 1 t ha⁻¹ (categoría C), ambos superiores significativamente al testigo y al tratamiento con solo 1 t ha⁻¹ (categoría A).

Esto sugiere que una fertilización química equilibrada, incluso en dosis reducida, combinada con materia orgánica, favorece la producción de un mayor número de tubérculos. Si bien Dixon (2015) resalta el rol del nitrógeno y fósforo en la tuberización, nuestros hallazgos indican que la interacción con la materia orgánica optimiza este proceso. Aunque Díaz (2021) no encontró efectos significativos del humus, Benavides (2019) sí observó incrementos con materia orgánica, lo que concuerda parcialmente con la tendencia positiva.

4.1.4 Número Total de Tubérculos no Comerciales por Planta

Según las evidencias del ANOVA (Tabla 19), se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número total de tubérculos no comerciales tanto entre los tratamientos de fertilización ($p = 0.0019$) como entre los bloques experimentales ($p = 0.0009$), ya que ambos valores son menores al nivel de significancia del 5%. Esto indica que las estrategias de fertilización y la variabilidad entre bloques influyeron de manera importante en esta variable.

Tabla 19

Análisis de varianza (ANOVA) para número total de tubérculos no comerciales por planta

<u>Fuentes de</u> <u>Variación</u>	<u>Grados de</u> <u>Libertad</u>	<u>Suma de</u> <u>cuadros</u>	<u>Cuadros</u> <u>medios</u>	<u>F</u> <u>Calculado</u>	<u>P- valor</u>
Tratamiento	5	691.33	138.27	8.88	0.0019 **
Bloques	2	475.00	237.50	15.26	0.0009 ***
Error	10	155.67	15.57		
Total	17	1322.00			

Nota. ** Altamente Significativo; *** Muy altamente Significativo

CV=14.43%

El coeficiente de variación (CV) fue de 14.43%, reflejando una dispersión moderada en los datos. A pesar de esta variabilidad, el análisis logró detectar diferencias significativas, lo que sugiere que tanto el tipo de fertilización como las condiciones experimentales tuvieron un impacto relevante en la producción de tubérculos no comerciales.

Tabla 20

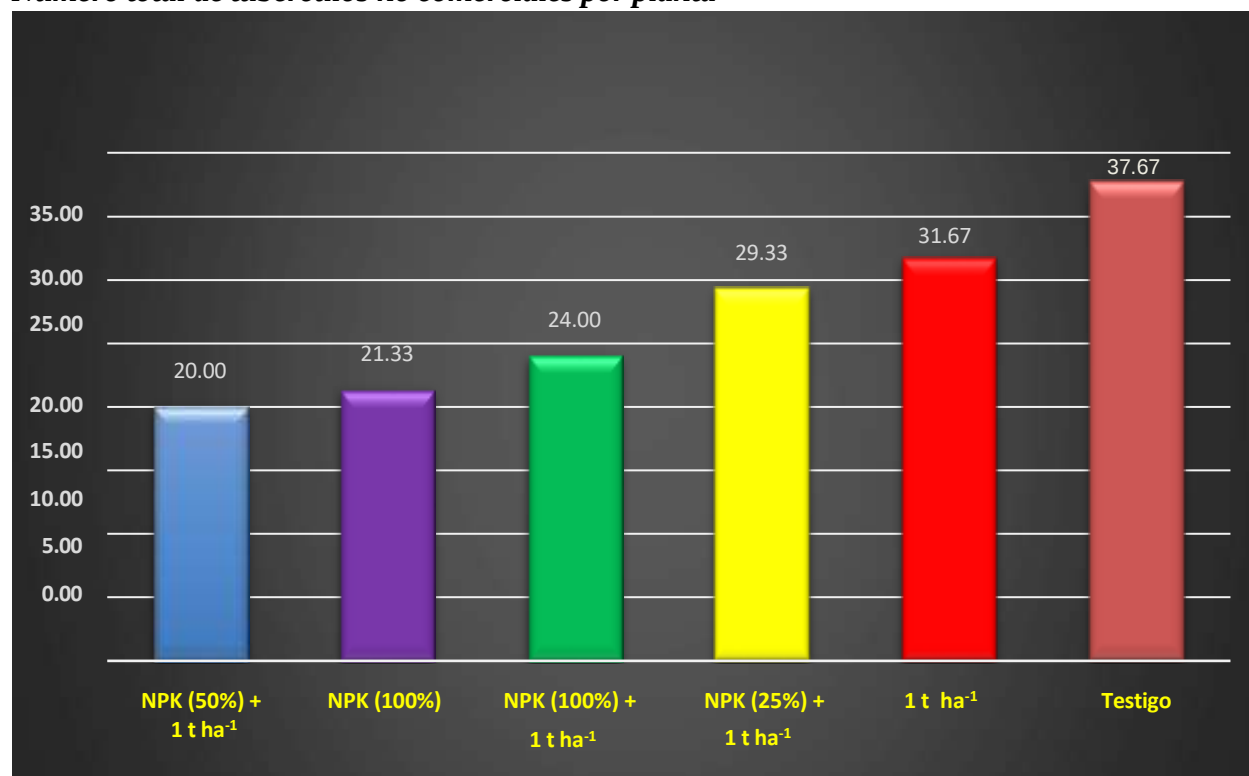
Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para número total de tubérculos no comerciales por planta

Tratamientos	Medias	Agrupación		
Testigo	37.67	A		
1 t ha ⁻¹	31.67	A	B	
NPK (25%) + 1 t ha ⁻¹	29.33	A	B	C
NPK (100%) + 1 t ha ⁻¹	24.00		B	C
NPK (100%)	21.33		B	C
NPK (50%) + 1 t ha ⁻¹	20.00			C

Nota. La tabla presenta los resultados de una prueba de comparación de medias realizada mediante el programa estadístico InfoStat

Figura 14

Número total de tubérculos no comerciales por planta



La Tabla 20 y la Figura 14 muestran que existen diferencias estadísticamente significativas en el número total de tubérculos no comerciales entre los tratamientos de fertilización, según la prueba de Tukey al 5%. A diferencia de variables anteriores, los tratamientos se agrupan de manera heterogénea. El Testigo (sin fertilización) obtuvo la media más alta de tubérculos no comerciales (37.67) y pertenece exclusivamente al grupo A. En contraste, el tratamiento con NPK al 50% más 1 t ha⁻¹ de abono orgánico registró la media más baja (20.00) y se ubicó en el grupo C, siendo estadísticamente diferente del Testigo. Los tratamientos con combinaciones de NPK y abono orgánico mostraron una reducción progresiva en la cantidad de tubérculos no comerciales, lo que sugiere que la fertilización, incluso en dosis reducidas, puede mejorar la calidad del cultivo.

Estos resultados coinciden con la literatura científica, donde se destaca que una fertilización equilibrada influye positivamente en el tamaño y forma de los tubérculos, reduciendo la proporción de aquellos no comerciales (Dixon, 2015; Haggag et al., 2021). Investigaciones previas como la de Díaz (2021) en Cajamarca también respaldan esta observación, indicando que el uso adecuado de humus de lombriz puede mejorar la proporción de tubérculos comerciales. En resumen, la aplicación de fertilizantes, especialmente combinaciones de NPK con abono orgánico, fue efectiva para reducir los tubérculos no comerciales, resaltando la importancia de una fertilización balanceada para mejorar el rendimiento y calidad del cultivo.

4.1.5 Número Total de Tubérculos Comerciales Por Planta

El análisis de varianza (ANOVA) para el número total de tubérculos comerciales muestra diferencias estadísticamente significativas tanto entre los tratamientos ($p = 0.0002$) como entre los bloques ($p = 0.0045$), lo que indica que las estrategias de fertilización y la variabilidad entre bloques influyeron de forma significativa en esta variable bajo las condiciones del experimento.

Tabla 21***Análisis de varianza (ANOVA) para número total de tubérculos comerciales por planta***

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadros	Cuadros medios	F Calculado	P- valor
Tratamiento	5	2000.94	400.19	15.76	0.0002 **
Bloques	2	495.44	247.72	9.76	0.0045 *
Error	10	253.89	25.39		
Total	17	2750.28			

Nota. * Significativo; ** altamente Significativo

CV=7.34%

El coeficiente de variación (CV) fue de 7.34%, indicando una baja dispersión de los datos y reforzando la consistencia del impacto positivo de la fertilización en la producción de tubérculos comerciales bajo las condiciones experimentales del estudio.

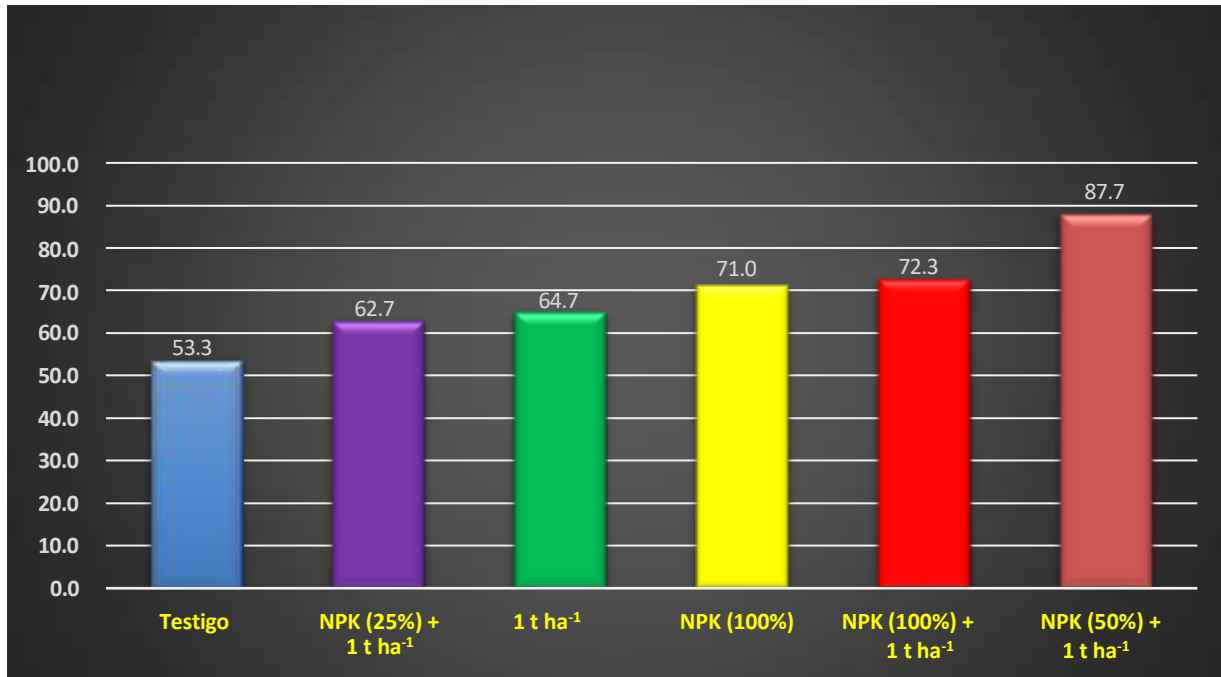
Tabla 22***Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para número total de tubérculos comerciales por planta***

Tratamientos	Medias	Agrupación
NPK (50%) + 1 t ha-1	87.7	A
NPK (100%) + 1 t ha-1	72.3	B
NPK (100%)	71.0	B
1 t ha-1	64.7	B C
NPK (25%) + 1 t ha-1	62.7	B C
Testigo	53.3	C

Nota. La tabla presenta los resultados de una prueba de comparación de medias realizada mediante el programa estadístico InfoStat

Figura 15

Número total de tubérculos comerciales de los tratamientos



Esto sugiere que la combinación equilibrada de fertilización química y orgánica es crucial para maximizar la producción de tubérculos comercializables, coincidiendo con lo reportado por Haggag et al. (2021) y Alam et al. (2019).

La mejora en la calidad y el número de tubérculos comerciales con el manejo integrado de nutrientes también se alinea con estudios previos en Cajamarca Díaz (2021) y Benavides (2019), quienes destacaron los beneficios de la materia orgánica en la producción. La fertilización adecuada, especialmente la combinación NPK y abono orgánico, resulta esencial para una producción comercial exitosa, contrastando con el menor rendimiento del testigo.

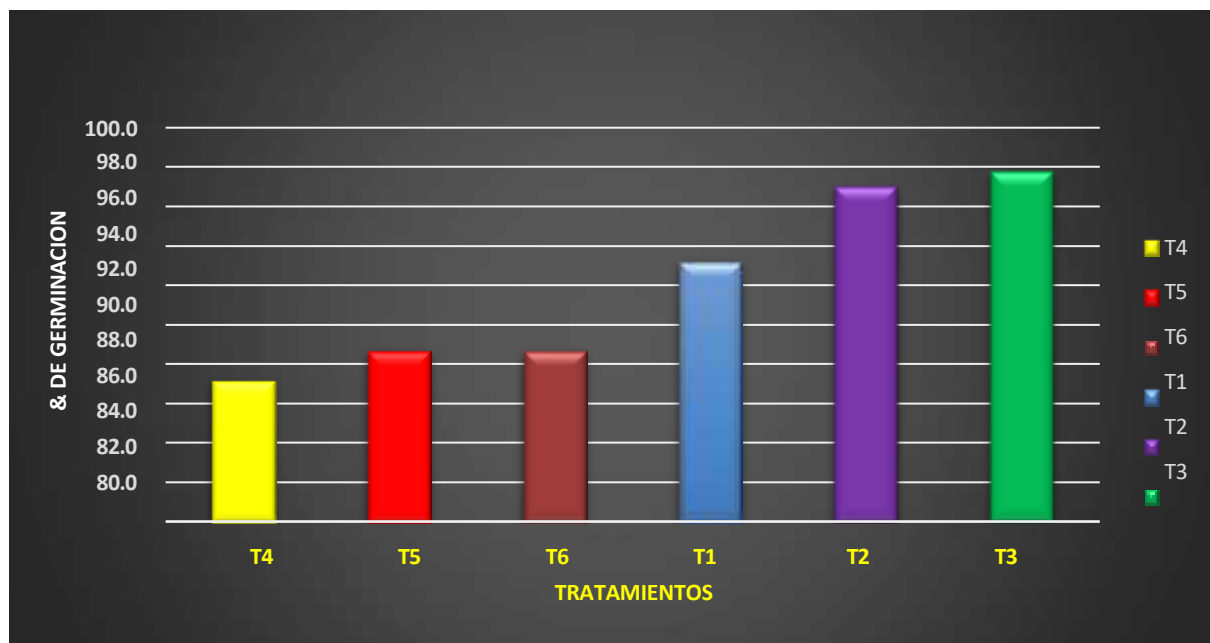
4.1.6 Emergencia (%)

En la Figura 16 se detallada el estudio del porcentaje de emergencia para los seis tratamientos (T1-T6). La media de los datos arrojó el tratamiento T3 como el más eficaz con un porcentaje de emergencia de 97.7%, seguido del tratamiento T2 con un porcentaje de emergencia de 97.0%. También el tratamiento T1 mostró un alto rendimiento en el porcentaje de emergencia

con 93.2%. En el extremo inferior, el tratamiento T4 registró el mayor porcentaje de emergencia con el 87.1%, mientras que los tratamientos T5 y T6 registraron un porcentaje de emergencia ligeramente superior y por idéntico, 88.6%. Por tanto, T3 y T2 han demostrado ser los tratamientos con mayor eficacia en la emergencia de plántulas bajo las condiciones estudiadas y también los tratamientos que superan considerablemente a los demás tratamientos, mucho más que T4, T5 y T6.

Figura 16

Porcentaje de emergencia en los tratamientos



Los resultados respecto al porcentaje de emergencia revelan que los tratamientos T3 (97.7%) y T2 (97.0%) son más efectivos para la emergencia de la papa variedad Amarilis, lo que permite suponer que determinadas dosis de fertiabono mejoran las condiciones del suelo para la germinación y el establecimiento inicial del cultivo.

Este comportamiento está de acuerdo con lo informado por Taipe Laura y Taype Landeo (2023), quienes, en su trabajo sobre fertilización biológica y orgánica, así como con fertilizantes químicos, en la producción de la papa en Huancavelica, reportaron que la combinación del NPK junto con biofertilizantes y estiércol mejoró considerablemente variables como el porcentaje de emergencia o el número de tubérculos por planta.

Asimismo, Díaz (2019) evaluó doce niveles de fertilización N-P-K en el rendimiento del cultivo de papa variedad INIA 302 Amarilis en Cutervo, Cajamarca, y concluyó que las dosis más altas de NPK (250-150-300) lograron el mayor rendimiento, destacando la importancia de una adecuada nutrición mineral para el desarrollo óptimo del cultivo

4.1.7 *Altura de Planta (cm)*

Según los resultados obtenidos en la tabla del análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de planta, se observa que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos aplicados, dado que el valor de significancia (p-valor = 0.0001) es inferior al umbral convencional de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa, lo cual indica que, bajo las condiciones del presente estudio, los diferentes tratamientos (combinaciones de NPK y humus de lombriz) sí tuvieron un efecto significativo sobre la altura de planta.

Del mismo modo, al evaluar el efecto de los bloques, se aprecia que el p-valor obtenido (0.2084) es mayor al nivel de significancia establecido, lo cual sugiere que las diferencias entre bloques no fueron estadísticamente significativas. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula para los bloques, lo cual indica que no influyeron significativamente en la variabilidad de la altura de planta en este ensayo.

Estos resultados respaldan que las diferencias en la altura de las plantas se deben principalmente al efecto de los tratamientos, siendo especialmente relevante la aplicación combinada de NPK y humus de lombriz. La baja variabilidad dentro del error experimental ($CM = 0.48$) y el alto valor de F calculado (186.11) refuerzan la confiabilidad del efecto de los tratamientos. Se recomienda continuar con evaluaciones complementarias como la prueba de comparación de medias para identificar específicamente qué tratamientos difieren entre sí con significancia estadística.

Tabla 23***Análisis de varianza (ANOVA) para altura de planta (cm)***

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadros	Cuadros medios	F Calculado	P- valor
Tratamiento	5	442.00	88.40	186.11	0.0001***
Bloques	2	1.75	0.87	1.84	0.2084 NS
Error	10	4.75	0.48		
Total	17	448.50			

Nota. NS = No significativo; *** = Altamente Significativo

CV= 1.07%

El coeficiente de variación es de 1.07 %, esto sugiere que las alturas de las plantas medidas en el estudio son bastante consistentes y no presentan una gran variabilidad entre ellas. Esto podría ser indicativo de condiciones de crecimiento relativamente uniformes para las plantas estudiadas.

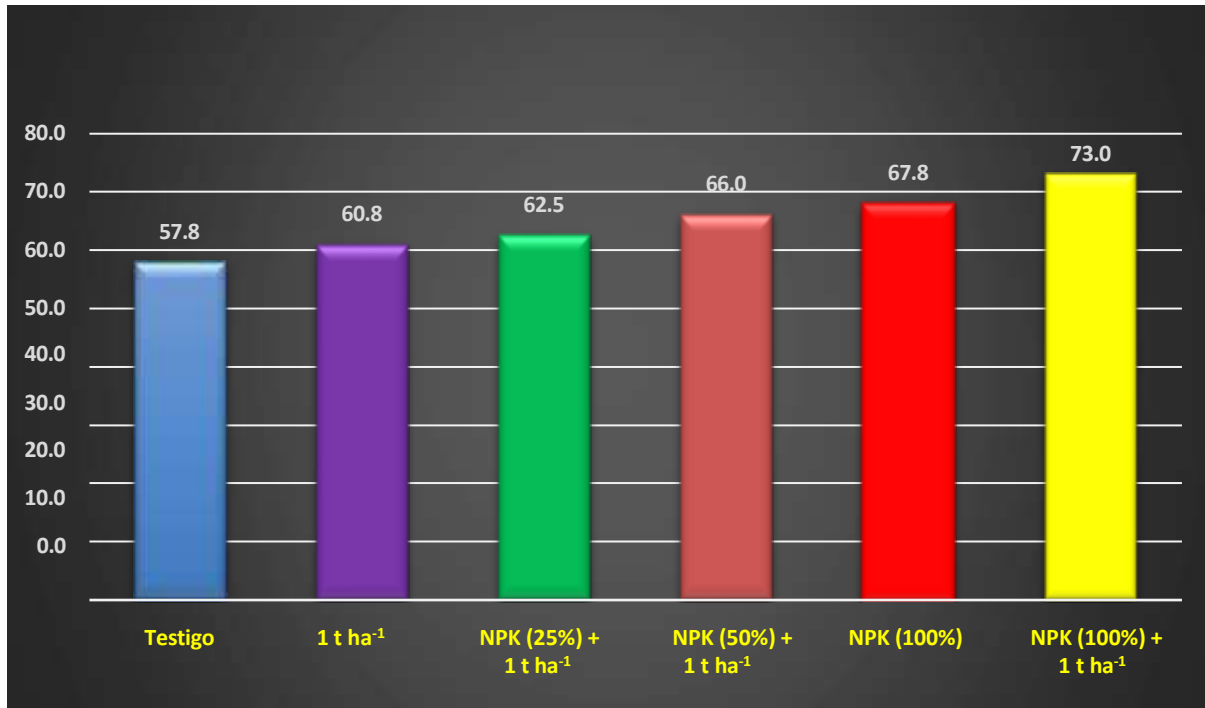
Tabla 24***Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para altura de planta (cm)***

Tratamientos	Medias	Agrupación
NPK (100%) +1 t ha ⁻¹	73.0	A
NPK (100%)	67.8	B
NPK (50%) +1 t ha ⁻¹	66.0	B
NPK (25%) +1 t ha ⁻¹	62.5	C
1 t ha ⁻¹	60.8	C
Testigo	57.8	D

Nota. La tabla presenta los resultados de una prueba de comparación de medias realizada mediante el programa estadístico InfoStat

Figura 17

Altura de planta (cm) de los tratamientos



En la figura 17 se observa la altura de planta (cm) en diferentes tratamientos. El tratamiento con NPK (100%) + 1 t ha⁻¹ exhibió la mayor altura, superando notablemente al testigo. Esto sugiere un efecto sinérgico entre la fertilización química completa y la adición de materia orgánica, lo cual podría optimizar la disponibilidad de nutrientes y las propiedades del suelo, impulsando el crecimiento vegetal (Tejada et al., 2009; Canellas et al., 2015).

Investigaciones previas en otros cultivos, como el trigo (Alam et al., 2019), respaldan el beneficio de combinar fertilizantes con abono orgánico para mejorar el desarrollo de las plantas. En Cajamarca, estudios en papa también demostraron efectos positivos de la materia orgánica en la altura de planta (Benavides Rodríguez, 2019).

4.1.8 Número de Tallos por planta

Las evidencias del ANOVA (Tabla 25) muestran que no hubo variaciones estadísticamente significativas en el número de tallos por planta entre los tratamientos de fertilización ($p = 0.8634$) ni entre los bloques ($p = 0.4995$). Esto indica que, bajo las condiciones del estudio, las distintas combinaciones de fertilización no influyeron significativamente en esta variable. El alto valor de p sugiere que la cantidad de tallos por planta es poco sensible a las variaciones en la fertilización evaluada, o que las dosis aplicadas no fueron lo suficientemente contrastantes para generar un efecto medible.

Tabla 25

Análisis de varianza (ANOVA) para número de tallos por planta

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadros	Cuadros medios	F Calculado	P- valor
Tratamiento	5	0.94	0.19	0.36	0.8634 NS
Bloques	2	0.78	0.39	0.74	0.4995 NS
Error	10	5.22	0.52		
Total	17	6.94			

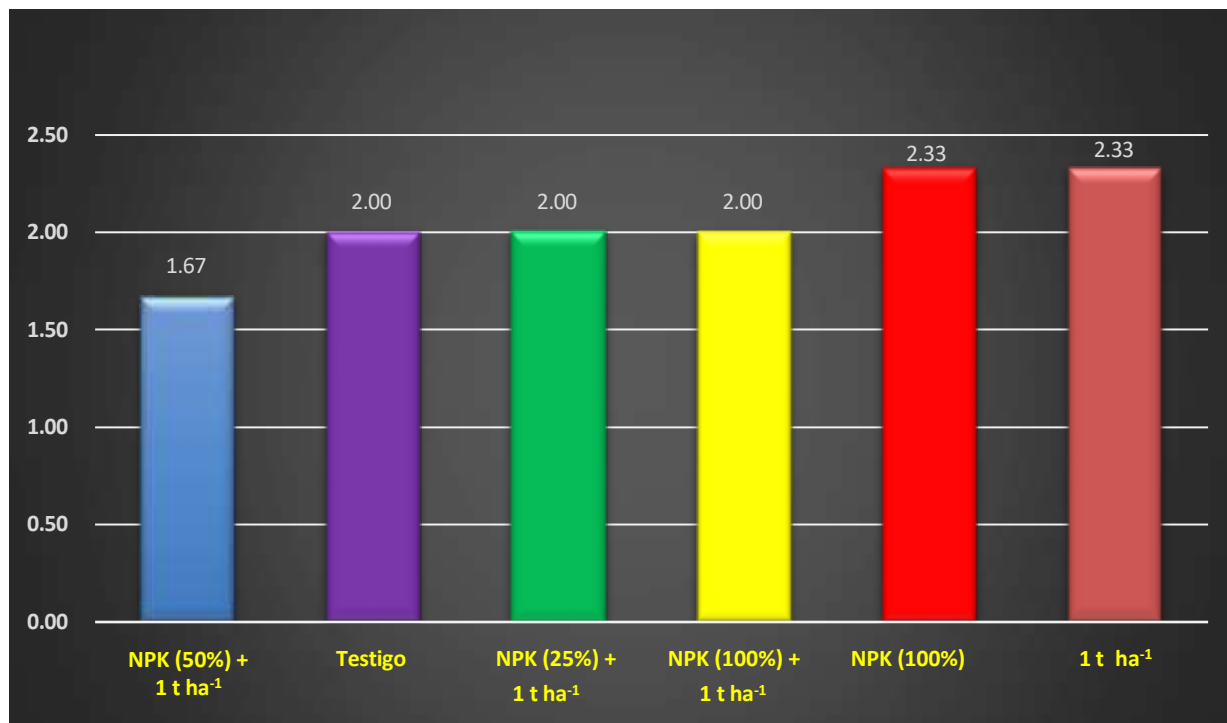
Nota. NS = No significativo; * = Significativo.

CV = 35.16%

Además, el indicador de variabilidad (CV = 35.16%) indica una alta variabilidad relativa en los datos, lo que puede estar asociado a factores no controlados o a la heterogeneidad natural de las plantas. Esta alta dispersión puede haber dificultado la detección de efectos estadísticamente significativos entre tratamientos.

Figura 18

Numero de tallos por planta de los tratamientos



Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey al 5 % indican que no existe variabilidad estadísticamente significativas en el número de tallos por planta entre los tratamientos de fertilización evaluados ($p = 0.8634$). Todos los tratamientos, incluido el testigo, se agruparon en la misma categoría, lo que sugiere que las estrategias de fertilización aplicadas no influyeron de manera significativa en esta variable.

Este hallazgo coincide con estudios previos realizados en Cajamarca. Benavides Rodríguez (2019) y Castillo Cadenillas (2019) evaluaron el efecto de diferentes tratamientos de fertilización en el cultivo de papa 'Amarilla redonda' y no encontraron un impacto significativo en la cantidad de tallos por planta.

Asimismo, Mengel y Kirkby (2001) señalan que, en algunos cultivos, el número de tallos puede ser menos sensible a las variaciones en la fertilización y estar más determinado por factores genéticos o ambientales.

La Figura 18 presentan las evidencias de la prueba de Tukey para el número de tallos por planta bajo diferentes tratamientos de fertilización en papa variedad Amarilis. Ambas evidencian que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, ya que todos se agrupan en la misma categoría (A), indicando homogeneidad estadística. La Figura 18 muestra gráficamente la similitud en el número promedio de tallos por planta entre los tratamientos, con alturas de barras muy cercanas entre sí, oscilando entre 1.67 y 2.33 tallos por planta.

La ausencia de un efecto significativo de la fertilización en el número de tallos por planta sugiere que esta variable podría estar más influenciada por otros factores inherentes al cultivo o a las condiciones experimentales no manipuladas en este estudio. Investigaciones previas en papa realizadas en Cajamarca por Benavides Rodríguez (2019) y Castillo Cadenillas (2019) también encontraron resultados no significativos o limitados del humus de lombriz y otros bioestimulantes en el número de tallos por planta. Esto podría indicar una tendencia en ciertos cultivos de la región a mostrar una respuesta menos sensible de esta variable a la fertilización orgánica e inorgánica.

4.1.9 Índice de Área Foliar

El análisis de varianza (ANOVA) para el Índice de Área Foliar (IAF), presentado en la tabla correspondiente, muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el valor de significancia (P-valor = 0.0001) es inferior al umbral convencional del 5% ($\alpha = 0.05$). Esto indica que los tratamientos aplicados (combinaciones de fertilización con NPK y humus de lombriz) tuvieron una influencia significativa sobre el IAF en las condiciones del presente estudio. Por otro lado, no se evidencian diferencias significativas entre los bloques, dado que su P-valor (0.6585) supera el grado de significancia indicado, lo que sugiere que la variabilidad entre bloques no influyó significativamente en esta variable.

En consecuencia, no se toma en cuenta la hipótesis nula para los tratamientos y se acepta que al menos uno de ellos difiere estadísticamente del resto en su efecto sobre el IAF. Se acepta la hipótesis nula para los bloques, implicando que su influencia en el experimento fue mínima.

La alta razón F (252.28) para tratamientos, combinada con una muy baja variación del error (CM = 0.02), respalda la consistencia de los resultados obtenidos. Estas evidencias indican que el uso de NPK al 50% o 100% combinado con 1 t ha⁻¹ de humus de lombriz mejora significativamente el desarrollo foliar del cultivo, por lo que se recomienda realizar una prueba de

comparación de medias para identificar con precisión la variación entre tratamientos.

Tabla 26

Análisis de varianza (ANOVA) para Índice de área foliar

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadros	Cuadros medios	F Calculado	P- valor
Tratamiento	5	25.33	5.07	252.28	0.0001 ***
Bloques	2	0.02	0.01	0.44	0.6585 NS
Error	10	0.20	0.02		
Total	17	25.55			

Nota. NS = No significativo; * **= Altamente Significativo

CV= 3.79%

Tabla 27

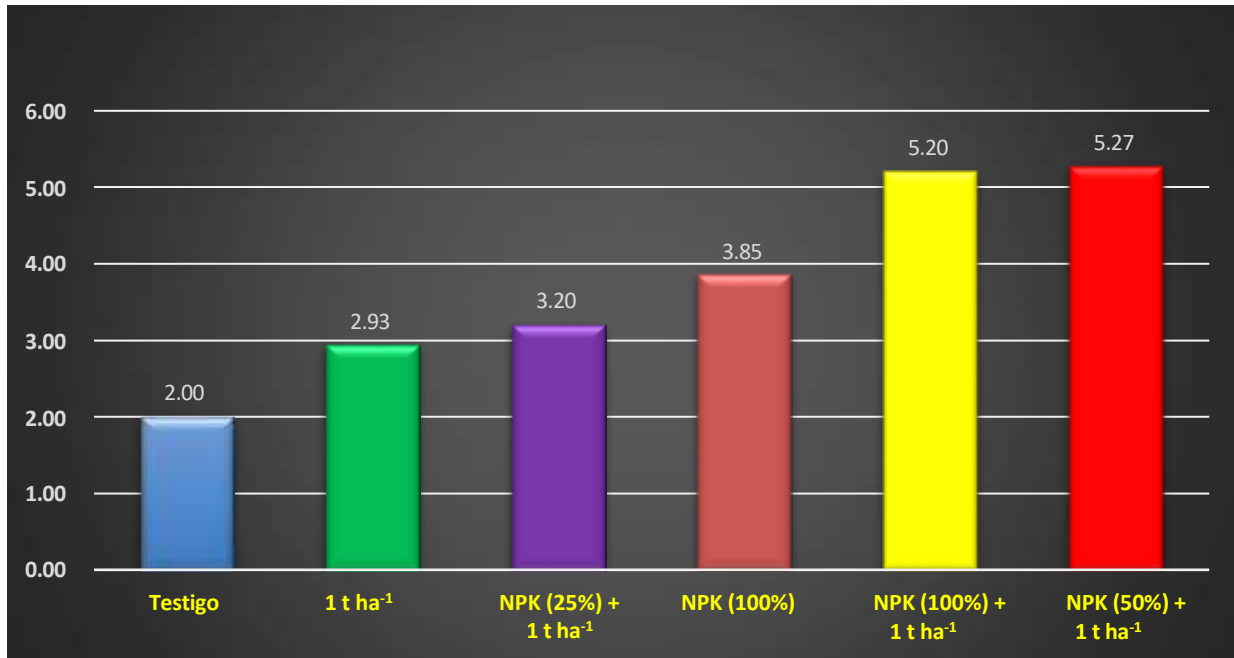
Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para índice de área foliar

Tratamientos	Medias	Agrupación
NPK (50%) +1 t ha ⁻¹	5.27	A
NPK (100%) +1 t ha ⁻¹	5.20	A
NPK (100%)	3.85	B
NPK (25%) +1 t ha ⁻¹	3.20	C
1 t ha ⁻¹	2.93	C
Testigo	2.00	D

Nota. La tabla presenta los resultados de una prueba de comparación de medias realizada mediante el programa estadístico InfoStat

Figura 19

Índice de área foliar de los tratamientos



La Tabla 27 y la Figura 19 muestran que existe variación significativas en el Índice de Área Foliar (IAF) entre los tratamientos evaluados (Tukey, $p > 0.05$). Los tratamientos con NPK al 50% + 1 t ha⁻¹ y NPK al 100% + 1 t ha⁻¹ presentaron el mayor IAF, sin diferencias significativas entre sí (categoría A), superando significativamente al testigo (categoría D). Este resultado apoya la idea de que la combinación de fertilización química y materia orgánica promueve un mayor desarrollo foliar, crucial para la actividad fotosintética (Villa et al., 2017). Si bien Villa et al. (2017) encontraron un aumento del IAF con dosis crecientes de nitrógeno en papa, nuestros hallazgos sugieren que la adición de materia orgánica potencia este efecto incluso con dosis altas de NPK. La respuesta variable del IAF a la fertilización, como señalan Villa et al. (2017), podría explicarse por la interacción entre la disponibilidad de nutrientes mejorada por la materia orgánica y las necesidades específicas del cultivo en las condiciones del estudio.

4.2 Análisis de Costos de Producción

En el presente estudio, los costos del proceso productivo fueron inicialmente calculados en función de las parcelas experimentales correspondientes a cada tratamiento evaluado. No obstante, considerando que la unidad de superficie más comúnmente empleada por los agricultores es la hectárea, se procedió a proyectar dichos costos a esta escala para cada una de las dosis de Fertiabono aplicadas

Para esta proyección, se tomaron en cuenta tanto los costos directos como los indirectos asociados a la producción, siguiendo las directrices establecidas por el Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA). Los costos directos incluyeron insumos como semillas, fertilizantes, abonos orgánicos y productos fitosanitarios, mientras que los costos indirectos abarcaron aspectos como la mano de obra, maquinaria y otros gastos operativos.

Los detalles específicos de estos costos, desglosados por tratamiento, se presentan en las tablas correspondientes. Este enfoque permite una comparación más realista y aplicable a las condiciones prácticas de los productores locales, facilitando la adopción de las recomendaciones derivadas de esta investigación.

Estudios previos han demostrado la importancia de un análisis detallado de los costos de producción para mejorar la rentabilidad en el cultivo de papa. Por ejemplo, en la provincia de Chota, se observó que los costos de producción por hectárea aumentaron significativamente entre 2019 y 2022, afectando negativamente la rentabilidad de los productores. Asimismo, investigaciones en la comunidad de Pumapaqcha, Cusco, destacaron que una gestión inadecuada de los costos puede llevar a pérdidas económicas, subrayando la necesidad de estrategias eficientes en la producción de papa nativa.

4.2.1 Costos Directos

En el presente estudio, el análisis de los costos directos evidencia diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento testigo, al no emplear ningún tipo de fertilización, presentó el menor costo directo con S/11,787.50 por hectárea. Esta condición se debe a la ausencia de insumos y a una menor demanda de labores específicas, aunque también puede implicar limitaciones nutricionales para el cultivo (Salazar y Rojas, 2019).

El uso exclusivo de humus de lombriz a razón de 1 t ha⁻¹ redujo el costo directo a S/ 13,823.00 reflejando el ahorro en fertilizantes sintéticos y el gasto en mano de obra para su aplicación orgánica. Si bien este tratamiento representa una inversión en agregado orgánico, diversos autores han señalado que el humus mejora las condiciones del suelo, lo que a mediano plazo podría traducirse en beneficios para el rendimiento y la sostenibilidad del cultivo (Rodríguez et al. 2022).

Los tratamientos que integraron NPK con humus de lombriz mostraron costos directos crecientes conforme se incrementó la proporción del fertilizante químico. Así, el tratamiento con 25 % de NPK más humus alcanzó S/ 14,626.11, el de 50 % NPK más humus fue de S/ 15,315.04 y el tratamiento con 100 % NPK más humus llegó a S/ 16,807.20. Este incremento se relaciona directamente con el mayor uso de insumos sintéticos, cuyo costo en el mercado ha venido en ascenso, a la vez que se mantienen los beneficios de la enmienda orgánica (López, 2020).

Finalmente, el tratamiento con 100 % NPK sin humus mostró un costo directo de S/ 15,082.20. Aunque inferior al tratamiento que combina esta misma dosis con humus, su valor sigue siendo considerable debido al precio del fertilizante químico. Además, al no contar con la mejora del suelo aportada por el abono orgánico, se limita el efecto residual positivo que podría generarse en el sistema productivo (FAO, 2021).

4.2.2 Costos Indirectos

En el tratamiento testigo (T1), que no recibió fertilización adicional, el costo indirecto total es de S/ 1,537.50. Este valor es el más bajo entre todos los tratamientos, pues refleja la ausencia de insumos y labores adicionales de supervisión. Al no requerir fertilización, implica menos recursos para la logística y la administración, traduciéndose en menores costos indirectos (Salazar y Rojas, 2019). Sin embargo, esta baja inversión también podría limitar la eficiencia operativa y la trazabilidad del cultivo.

Cuando se aplica humus de lombriz a razón de 1 t ha^{-1} (T2), el costo indirecto se incrementa a S/ 1,803.00. Este aumento refleja los procesos adicionales de gestión y distribución del abono orgánico, así como una mayor supervisión técnica para asegurar su correcta aplicación y optimizar el rendimiento (Rodríguez et al. 2022). Aunque conlleva más gastos operativos, el humus mejora la fertilidad del suelo a mediano plazo.

En el tratamiento T3 (25 % NPK + humus), el costo indirecto asciende a S/ 1, 907.75, mientras que en T4 (50 % NPK + humus) llega a S/ 1,997.61. Estos incrementos responden a la complejidad de combinar fertilizantes químicos y orgánicos, lo que demanda mayor tiempo y recursos para logística, manejo y supervisión. Además, los fertilizantes sintéticos requieren compra, almacenamiento y distribución más costosos (López, 2020).

El tratamiento T5 (100 % NPK + humus) presenta el mayor costo indirecto, con S/ 2,192.24. Este nivel refleja el uso de la dosis máxima de fertilizante químico junto con el abono orgánico, incrementando la necesidad de supervisión detallada para evitar pérdidas o sobrefertilización. Finalmente, T6 (100 % NPK sin humus) registra S/ 1,967.24 en costos indirectos, ligeramente inferior a T5, ya que, sin humus, la gestión logística de fertilizantes sigue siendo intensiva (FAO, 2021).

En conclusión, los costos indirectos varían según el tipo de fertilización. El testigo muestra el costo más bajo, mientras que los tratamientos con NPK y humus aumentan progresivamente estos gastos, asociándose a la complejidad de gestión de insumos y la necesidad de mayor supervisión técnica, aspectos clave para la rentabilidad de cada estrategia (Valverde y Romero, 2021).

4.2.3 Costo total de Producción

En relación con el costo total del proceso productivo, el tratamiento testigo (sin fertilización) presentó el menor costo, con S/ 11,787.50 ha⁻¹; sin embargo, su bajo rendimiento de 4,280.49 kg ha⁻¹ indica que, aunque reduce el riesgo económico, no contribuye significativamente al incremento de la producción en condiciones favorables (Salazar y Rojas, 2019).

El tratamiento con humus de lombriz a una dosis de 1 t ha⁻¹ presentó un costo de S/ 13,823.00 por hectárea y un rendimiento de 15,321.23 kg ha⁻¹, evidenciando que la incorporación de materia orgánica favorece la fertilidad del suelo y mejora la productividad del cultivo a mediano plazo (Rodríguez et al., 2022).

Para el tratamiento NPK 25 % + 1 t ha⁻¹, el costo subió a S/ 14,626.11 por hectárea, acompañado de un rendimiento de 14,376.31 kg ha⁻¹. Aunque el aumento de costo refleja el uso de fertilizantes sintéticos, la ganancia en rendimiento sigue siendo moderada, equilibrando costo y beneficio.

El tratamiento NPK 50 % + 1 t ha⁻¹ tuvo un costo de S/ 15,315.04 por hectárea, con el mayor rendimiento de 17,934.84 kg ha⁻¹. Este elevado rendimiento justifica la inversión adicional en fertilización mixta, posicionándolo como el más productivo del estudio.

En el tratamiento NPK 100% + 1 t ha⁻¹, el costo total alcanzó S/ 16,807.20 por hectárea; sin embargo, el rendimiento obtenido de 13,628.92 kg ha⁻¹ no compensó proporcionalmente el mayor gasto en fertilizantes, evidenciando que la sobre fertilización no siempre se traduce en incrementos de rendimiento proporcionalmente mayores.

Finalmente, el tratamiento NPK 100 % sin humus presentó un costo de S/ 15, 082.20 por hectárea y un rendimiento de 13,792.04 kg ha⁻¹. Aunque su costo es menor que el del mismo nivel de NPK con humus, la ausencia de enmienda orgánica podría limitar los efectos residuales sobre la salud del suelo y la productividad futura.

4.3 Análisis Económico

4.3.1 Utilidades de Producción

Las utilidades de producción varían según el tratamiento aplicado. El tratamiento Testigo (sin fertilización) no generó utilidades. El uso de humus de lombriz 1 t ha⁻¹ incrementó las utilidades a S/ 18,926.13, demostrando que la fertilización orgánica puede mejorar la rentabilidad al aumentar significativamente el rendimiento.

El tratamiento NPK 25 % + 1 t ha⁻¹ alcanzó utilidades de S/ 16,103.25; el aumento en costos no fue totalmente proporcional al incremento de rendimiento, equilibrando costo y beneficio. Por su parte, NPK 50 % + 1 t ha⁻¹ generó las mayores utilidades, con S/ 23,020.68, evidenciando que una inversión mayor en fertilización mixta resulta rentable ante un salto en la producción.

En contraste, el tratamiento NPK 100 % + humus obtuvo utilidades de S/ 12,324.62 y NPK 100 % sin humus S/ 14,398.29, reflejando que la sobre fertilización o la ausencia de enmienda orgánica pueden limitar la eficiencia económica del cultivo. En general, las estrategias que combinan fertilización orgánica y química muestran las mejores utilidades.

4.3.2 Índice de Rentabilidad (%) y Relación (Costo/beneficio)

El análisis del índice de rentabilidad evidenció diferencias notables entre tratamientos. El tratamiento NPK 50 % + 1 t ha⁻¹ de humus (T4) alcanzó el índice más alto, con 2.63, lo que significa que por cada sol invertido se obtuvo un retorno de S/ 1.63, es decir, una ganancia de S/ 1.63 o un 163% de rentabilidad.

De forma similar, el tratamiento con solo humus (T2) presentó un índice de 2.49 (149% de rentabilidad), demostrando que la enmienda orgánica puede generar retornos elevados con un costo moderado.

El tratamiento testigo (T1), sin fertilización, registró un índice de -0.82% reflejando un déficit por cada sol invertido. mostrando que el porcentaje bajo inicial de materia orgánica merma el rendimiento del cultivo.

Por su parte, el tratamiento NPK 100 % + 1 t ha⁻¹ de humus (T5) tuvo un índice de 1.82 (0.82% de rentabilidad) y el NPK 100% sin humus (T6) de 2.06 (1.06%), evidenciando que la dosis completa de fertilizantes inorgánicos proporciona retornos variables según la combinación con abono orgánico.

Estos resultados coinciden con estudios que resaltan que el uso equilibrado de abonos orgánicos e inorgánicos optimiza la rentabilidad en sistemas de papa, especialmente en agricultores familiares (Chávez et al., 2021)

Tabla 28

Análisis económico de la producción de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Costo prod. (S/ ha)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Valor bruto (S/)	Utilidad neta (S/)	Índice de rentabilidad (B/C)
Testigo (sin fertilización)	11 787.50	4 280.49	9 631.10	-2 637.95	0.82
Humus 1 t ha ⁻¹	13 823.00	15 321.23	34 472.77	18 926.13	2.49
NPK 25% + 1 t ha ⁻¹	14 626.11	14 376.31	32 346.70	16 103.25	2.21
NPK 50% + 1 t ha ⁻¹	15 315.04	17 934.84	40 353.39	23 020.68	2.63
NPK 100% + 1 t ha ⁻¹	16 807.20	13 628.92	30 665.07	12 324.62	1.82
NPK 100% (sin humus)	15 082.20	13 792.04	31 032.09	14 398.29	2.06

Nota. Los datos presentados fueron obtenidos del análisis de costos de producción realizado para cada uno de los tratamientos evaluados en el experimento.

La evaluación económica de los tratamientos revela diferencias marcadas en los costos del proceso producción, rendimiento y rentabilidad. El tratamiento con NPK 50 % + 1 t ha⁻¹ de humus de lombriz resultó ser el más rentable, con un índice de rentabilidad de 2.63, lo que indica que por cada sol invertido se obtuvo una ganancia de S/ 1.63, equivalente a una rentabilidad del 163%. Este tratamiento también generó la mayor utilidad neta (S/ 23,020.68), posicionándolo como la alternativa más conveniente en términos económicos (Chávez et al., 2021).

El tratamiento con solo humus de lombriz (1 t ha⁻¹) mostró un índice de rentabilidad de 2.49, confirmando la eficacia del abono orgánico para mejorar el rendimiento sin depender totalmente de fertilizantes químicos (Delgado et al., 2020). Con una utilidad neta de S/ 18,926.13, este enfoque orgánico demostró un excelente balance entre costo y beneficio.

Por otro lado, el tratamiento con NPK 100 % + 1 t ha⁻¹ de humus alcanzó un índice de 1.82 y una utilidad neta de S/ 12,324.62, indicando que el aumento de insumos no garantiza un alza proporcional en el beneficio. De manera similar, el NPK 100 % sin humus presentó un índice de 2.06 y utilidad de S/ 14,398.29, lo que sugiere que, aunque rentable, la ausencia de abono orgánico limita los efectos residuales positivos.

El tratamiento NPK 25 % + 1 t ha⁻¹ obtuvo un índice de 2.21 y utilidad de S/ 16, 103.25, equilibrando moderadamente costo y rendimiento. En contraste, el testigo, sin fertilización, alcanzó un índice de 0.82 y utilidad de S/ -2,637.95, demostrando que no es viable el proyecto, debido a las condiciones de cultivo en la zona.

Estos resultados respaldan el uso racional de insumos y la combinación adecuada de fertilizantes orgánicos e inorgánicos para maximizar la rentabilidad del cultivo de papa. Se recomienda priorizar mezclas intermedias como NPK 50 % + humus y tratamientos exclusivamente orgánicos para mejorar sostenibilidad y retorno económico en condiciones de agricultura familiar (Gonzales et al., 2021).

En conclusión, las evidencias de este estudio demuestran que la combinación de humus de lombriz con dosis medias de fertilizante NPK (50 % + 1 t ha⁻¹ de humus) ofrece el mejor equilibrio entre rendimiento, rentabilidad y sostenibilidad ambiental. Este tratamiento alcanzó el índice de rentabilidad más alto (2.63), la mayor utilidad neta (S/ 23, 020.68) y un rendimiento superior (17,934,84 kg ha⁻¹), evidenciando que un manejo integrado de enmiendas orgánicas e inorgánicas maximiza el retorno económico.

Por su parte, el uso exclusivo de humus demostró ser una alternativa rentable y ecológica, mejorando la calidad del suelo sin recurrir totalmente a insumos sintéticos. En contraste, las aplicaciones excesivas de NPK no siempre se tradujeron en un aumento proporcional de los beneficios, subrayando la importancia de ajustar las dosis mediante análisis de suelo previos.

Estos hallazgos respaldan la adopción de prácticas de fertilización balanceadas que optimicen el uso de recursos, reduzcan impactos ambientales y aseguren la viabilidad económica del cultivo de papa en sistemas de agricultura familiar.

.

Figura 20

Análisis económico de la producción en los tratamientos

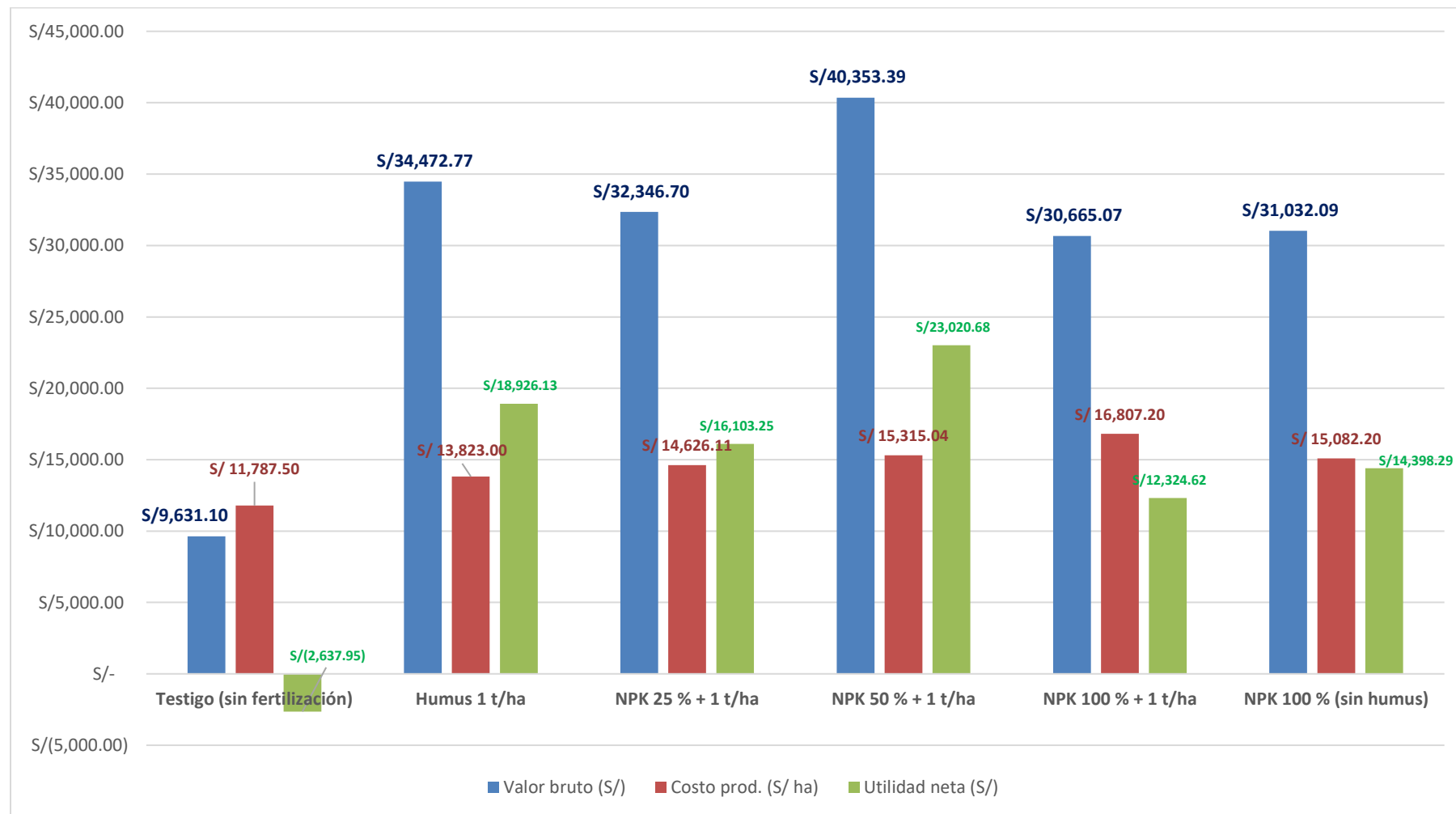


Figura 21

Índice de rentabilidad (%)

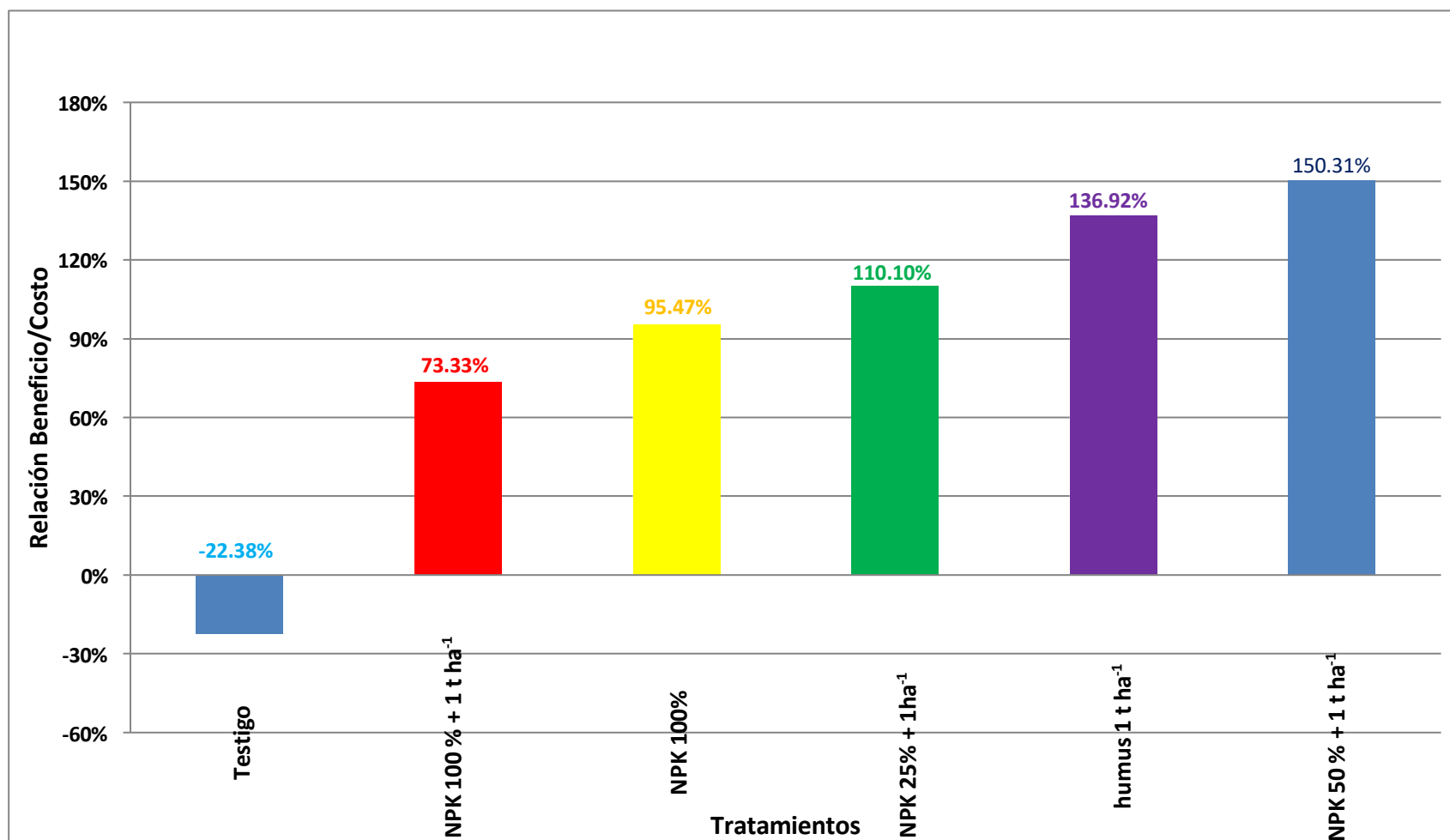
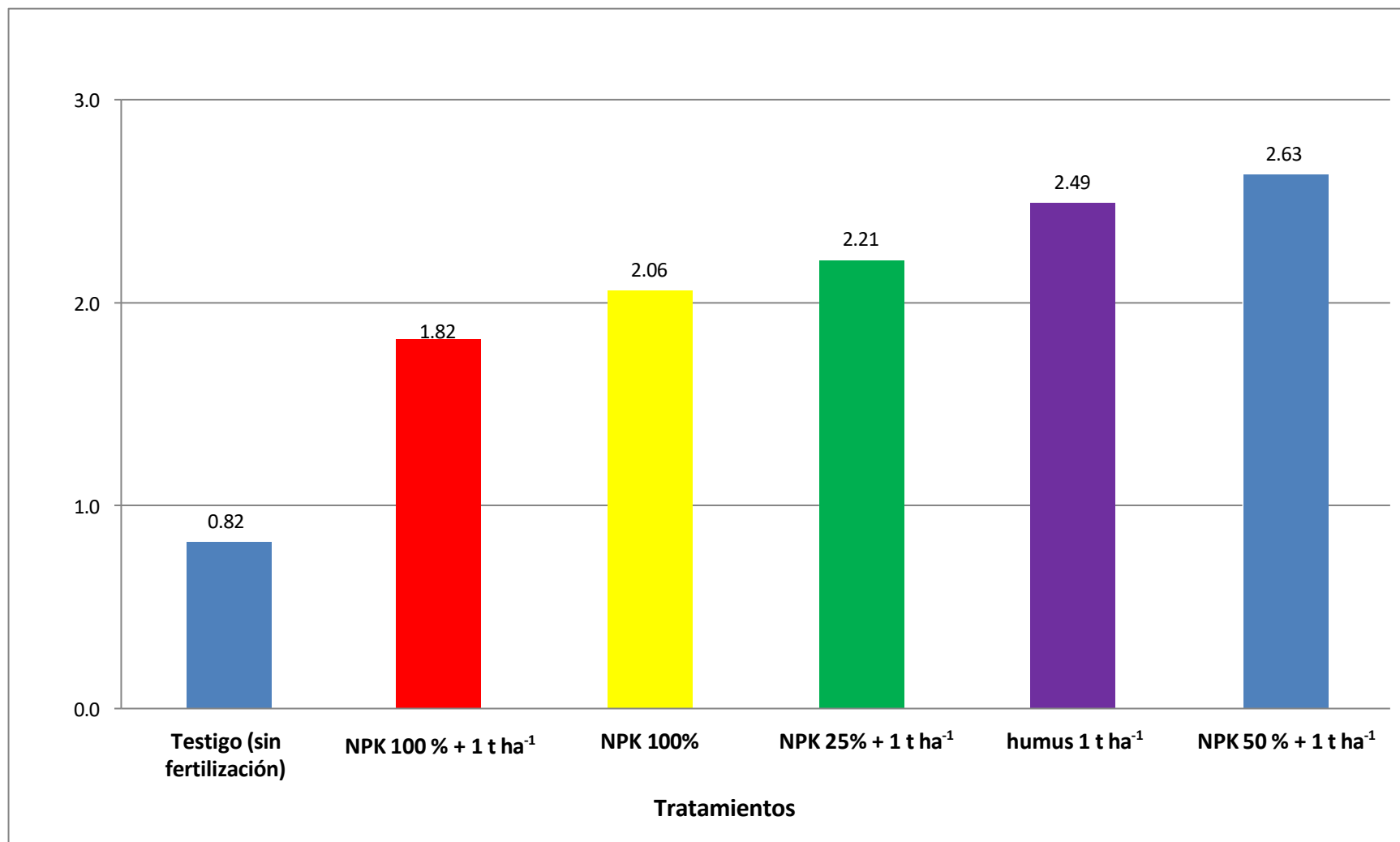


Figura 22

Relación beneficio/costo



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES

5.1 Conclusiones

La aplicación de cinco dosis de fertiabono (combinación de NPK + humus de lombriz) mostraron influencia significativa sobre el rendimiento de papa variedad Amarilis en el caserío Llimbe–Llacanora.

Entre los tratamientos evaluados, la dosis intermedia (50 % NPK + 1 t ha⁻¹ de humus) resultó ser la más eficiente, logrando el mayor rendimiento (17,934.84 kg ha⁻¹), la utilidad neta más alta (S/ 23,020.68) y el índice de rentabilidad superior (2.63).

La dosis (50 % NPK + 1 t ha⁻¹ de humus) mejoró significativamente las variables morfológicas, productiva del cultivo, al aumentar la altura de planta, el área foliar y el número de tubérculos totales y comerciales. Además, elevó el índice de cosecha y el contenido de materia seca en los tubérculos, reflejando una mayor eficiencia en el uso de nutrientes y mayor rendimiento.

El análisis económico demostró que, si bien el testigo presentó el menor costo de producción, su rendimiento limitado no produjo utilidad. En contraste, la dosis de 50 % NPK + humus combinó un costo de producción moderado (S/ 15,315.04 ha⁻¹) con un rendimiento excepcional, generando la mayor utilidad neta y el índice de rentabilidad más alto. Las dosis mayores de NPK, con y sin humus, elevaron significativamente los costos sin traducirse en aumentos proporcionales de rendimiento, disminuyendo su eficiencia económica

5.2 Recomendaciones

Evaluar la efectividad del fertiabono con 50 % NPK + 1 t ha⁻¹ de humus en otras variedades de papa y otros tubérculos, considerando que este tratamiento logró el mayor rendimiento.

Promover el uso de humus de lombriz como estrategia de equilibrio agroecológico integral en suelos con fertilidad limitada debido a su contribución a la mejora de las propiedades físicas y biológicas del suelo manteniendo y recuperando la salud del suelo que es la base de la salud ambiental, vegetal, animal y humana.

Desarrollar investigaciones complementarias que analicen distintas combinaciones y dosis de fertiabono en otras variedades de papa y distintas zonas agroecológicas, a fin de validar y escalar los resultados de este estudio.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña, I., & Bravo, R. (Eds.). (2019).** Tizón tardío de la papa: Estrategias de manejo integrado con alertas temprana (Boletín INIA N.º 399). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6777>
- Agencia Andina. (2019, mayo 30).** Día Nacional de la Papa: conoce el valor del cultivo peruano que nutre al mundo [Fotografía]. Andina. <https://andina.pe/agencia/noticia-dia-nacional-de-papa-conoce-valor-del-cultivo-peruano-nutre-al-mundo-753748.aspx>
- Agrobanco. (2025).** Manejo integrado de papa. Recuperado de https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Papa/MA_NEJO_INTEGRADO_DE_PAPA.pdf
- Barrera, L. (1998).** Fertilización del cultivo de la papa en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Fertilización de cultivos de clima frío. Monómeros Colombo Venezolanos. Segunda edición. Colombia. 370 p.
<https://www.yumpu.com/es/document/view/14239789/fertilizacion-de-cultivos-en-climafrio-monomeros-colombo>
- Benavides Rodríguez, E. (2019).** Rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja), cultivar Amarilla Redonda, con tres dosis de humus y tres niveles de bioestimulante foliar [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2977>
- Bhatt, M., Labanya, R., Joshi, H. (2019).** Influence of Long-term Chemical fertilizers and Organic Manures on Soil Fertility -A Review. Universal Journal of Agricultural Research, 7, 177-188. <https://doi.org/10.13189/ujar.2019.070502>.

- Borrero, C. (2008).** Institución educativa La Torre Gómez del Municipio del Retorno. Guaviare Colombia. https://infoagro.com/abonos/abonos_organicos_guaviare.htm
- Calderón, A. (1988).** Enfermedades de la papa y su control. 2 ed. Buenos Aires, hemisferio sur. 143 p. <http://www.pv.fagro.edu.uy/cursos/pvh/DocsPVH/Papa09web.pdf>
- Castillo Cadenillas, A. (2019).** Respuesta del cultivar de papa (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) amarilla redonda, al abonamiento orgánico y foliar [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3382>
- Centro Internacional de la Papa (CIP). (2008).** Perú, País de la papa [Mapa]. Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/peru-pais-papa>
- Comex Perú. (2023, mayo 26).** La producción de la papa alcanzó un valor de S/464.6 millones durante el primer trimestre del año, un 17% menos que el año anterior. Sociedad de Comercio Exterior del Perú <https://www.comexperu.org.pe/articulo/la-produccion-de-la-papa-alcanzo-un-valor-de-s-4646-millones>
- Díaz Chilcon, O. (2019).** Efecto de 12 niveles de fertilización N-P-K en el rendimiento del cultivo de papa, variedad INIA 302 Amarilis (*Solanum tuberosum* L.), en el sector San Juan, distrito de Cutervo 2017 [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/3478>
- Díaz Manosalva, E. B. (2021).** Efecto de dos dosis de abono en el rendimiento de dos cultivares de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4438>
- Egusquiza, B. (2000).** La papa producción, transformación y comercialización. Lima, Perú. 203 p.

<https://books.google.com.pe/books?id=6ciGbBX0uFwC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Estrada, N. (2000). La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. CIP - IPGRI – PRACPA - IBTA - PROINPA - COSUDE - CID. Editorial del Centro De información para el desarrollo. La Paz, BO. 372 p.

https://books.google.com.pe/books?id=AcB7_VJolocC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Franco, J. (2002). El cultivo de la papa en Guatemala. Ministerio de Agricultura. p.145

<https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICCRIA%202020/7%20PAPA/Asoleado-CUNOROC-O%20Celada/Asoleado.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2009). Farm management extension guide. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). *Economics for farm management extension*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015). *Agricultural cost of production statistics: Guidelines for data collection and compilation*. FAO.

Guevara, A., y Torres, R. (2021). Influencia de tres dosis de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento y desarrollo de la tara (*Caesalpinia spinosa* var. *Molina Kuntze*) en Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4162>

Hawkes, JG. (1990). Centros de diversidad genética en Latinoamérica. *Diversity* 7(1-2): 7-9

Hoyos, G., y Torres, E. (2023). Efecto de la aplicación de guano de isla y humus de lombriz en el rendimiento del cultivo de betarraga (*Beta vulgaris* L.) variedad Early Wonder en el

fundo La Victoria [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6771>

Huamán, E. (2023). Efecto de cuatro niveles de fertilizante y dos modalidades de aplicación en el cultivar de papa ‘amarilla redonda’ (grupo phureja). Tesis Ing. Agr. Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Cajamarca – Perú. Pag 32 – 55.

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5765/TESIS%20EDUIN%20MILDER%20HUAM%c3%81N%20ALVA.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Ispilco, E., y Torres, E. (2023). Determinación de la mejor dosis de fertiabono en la productividad del cultivo de papa (solanum tuberosum l.) en el centro poblado porcón alto – cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/8843>

INIA. (2022). Guía técnica para el manejo agronómico del cultivo de papa. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/cc6df8ae-815c-474d-a25d-e9b7d67b6740>

INIA (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Ec). (2011). Ficha técnica fripapa 99. Santa Catalina, Quito, Ecuador. 76 p. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2573>

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (1993). Papa variedad Amarilis.

Repositorio Institucional INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/4a370a68-3e24-47c3-b774-de4689a65970> J

Jardín Botánico. (s.f.). Lombricultura y Compostaje. Webnode. <https://jardin-botanico.webnode.com.co/lombricultura-y-compostaje/>

Kahan, D. (2013). Economics for farm management extension. FAO.

Langemeier, M. (s.f.). Cost efficiency and farm management concepts. Purdue University.

Lindsay, W. L. (1979). Chemical Equilibria in Soils. John Wiley & Sons.

López Bellido, R. (2020). Manejo de la fertilización en cultivos andinos. Editorial Agroecológica del Perú.

Iowa State University Extension and Outreach. (2024). *Estimated costs of crop production.* Iowa State University.

Medina, SW. (2009). “Colección, caracterización y evaluación preliminar de las papas nativas del distrito de Chota. Tesis Ing. Agr. Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ciencias Agrarias, Cajamarca – Perú. Pag 60 – 98. <https://surl.lulwqjkk>

MINAGRI. (2019). Plan Nacional de Cultivos Andinos 2019-2025. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. <https://www.gob.pe/minagri>

Paliwal, R. L.(2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. FAO. <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.ht>

Pisco, L., y Torres, E. (2023). Determinación de la mejor dosis de fertiabono en la productividad del cultivo de maíz morado (zea mays l.) en el distrito de magdalena – cajamarca, 2023 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/8864/TESIS%20LUIS%20A.%20PISCO%20ALVAREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pumisacho, M.; Sherwolds, H. (2002). El cultivo de papa en el Ecuador. Santa Catalina, Quito, Ecuador. Pp. 55,56. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2802>

PortalFrutícola. (2016, noviembre 23). Fertilización del cultivo de la papa: dosis y rangos óptimos de nutrientes.

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/11/23/fertilizacion-del-cultivo-de-la-papa-dosis-y-rangos-optimos-de-nutrientes/>

PortalFrutícola.com. (2023, 2 de marzo). Morfología de la planta de papa (*Solanum tuberosum* L.).

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2023/03/02/morfologia-de-la-planta-de-papa-solanum-tuberosum-l/>

Pourrut, L. (1998). Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos. Documentos de Investigación N° 4. Centro ecuatoriano de Información Geográfica y ORSTOM.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1720/1/CD-2755.pdf>

Yepez, C. (2001). Cultivo de papa con abono orgánico y aplicación de biofertilizantes.

Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1979/F0>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico

1.1 Equipos y Materiales para la toma de muestra de Suelo



1.2 Preparación de terreno (parcela de investigacion)



1.3 Surcado del Terreno



1.4 Delimitacion de las Unidades Experimentales



1.5 Insumos para la Fertilización Química y Orgánica (NPK + humus de lombriz)



1.6 Siembra y fertilización de fondo (semilla de papa con humus de lombriz)



1.7 Tratamientos en la Parcela de Investigación



1.8 Revisión del Trabajo de Investigación por Parte del Asesor



1.9 Control Fitosanitario en los Tratamientos



1.10 Riego de la Parcela de Investigación



1.11 Aporque de la Parcela de Investigación



1.12 Cosecha de la Parcela de Investigación



1.13 Medición de Parámetros en Campo y laboratorio



1.14 Resultado del efecto de los tratamientos



Anexo 2. Datos de los parámetros evaluados para el análisis ANOVA

ALTURA DE PLANTA (cm)					
TRATAMIENTO	BLOQUE			TOTAL DE TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
Testigo	58.00	57.00	58.50	173.50	57.83
1 Tn ha ⁻¹	61.50	60.00	61.00	182.50	60.83
NPK (25%) +1 Tn ha ⁻¹	62.50	63.00	62.00	187.50	62.50
NPK (50%) +1 Tn ha ⁻¹	65.50	66.00	66.50	198.00	66.00
NPK (100%) +1 Tn ha ⁻¹	73.00	72.00	74.00	219.00	73.00
NPK (100%)	67.00	68.00	68.50	203.50	67.83
TOTAL DE BLOQUE	320.50	386.00	390.50	1097.00	365.67

TALLOS POR PLANTA					
TRATAMIENTO	BLOQUE			TOTAL DE TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
Testigo	2.00	2.00	2.00	6.00	2.00
1 Tn ha ⁻¹	3.00	2.00	2.00	7.00	2.33
NPK (25%) +1 Tn ha ⁻¹	2.00	3.00	1.00	6.00	2.00
NPK (50%) +1 Tn ha ⁻¹	1.00	2.00	2.00	5.00	1.67
NPK (100%) +1 Tn ha ⁻¹	3.00	1.00	2.00	6.00	2.00
NPK (100%)	3.00	2.00	2.00	7.00	2.33
TOTAL DE BLOQUE	11.00	12.00	11.00	34.00	11.33

INDICE DE AREA FOLIAR					
TRATAMIENTO	BLOQUE			TOTAL DE TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
Testigo	2.00	1.90	2.10	6.00	2.00
1 Tn ha ⁻¹	2.80	3.10	2.90	8.80	2.93
NPK (25%) +1 Tn ha ⁻¹	3.20	3.40	3.00	9.60	3.20
NPK (50%) +1 Tn ha ⁻¹	5.40	5.10	5.30	15.80	5.27
NPK (100%) +1 Tn ha ⁻¹	5.20	5.30	5.10	15.60	5.20
NPK (100%)	3.80	3.90	3.85	11.55	3.85
TOTAL DE BLOQUE	18.60	22.70	22.25	63.55	21.18

INDICE DE COSECHA					
TRATAMIENTO	BLOQUE			TOTAL DE TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
Testigo	44.00	42.00	45.50	131.50	43.83
1 Tn ha ⁻¹	51.00	49.00	48.00	148.00	49.33
NPK (25%) +1 Tn ha ⁻¹	53.00	50.50	52.60	156.10	52.03
NPK (50%) +1 Tn ha ⁻¹	66.50	65.80	67.10	199.40	66.47
NPK (100%) +1 Tn ha ⁻¹	52.00	53.50	54.50	160.00	53.33
NPK (100%)	50.00	51.50	50.00	151.50	50.50
TOTAL DE BLOQUE	266.50	312.30	317.70	896.50	298.83

NUMERO TOTAL DE TUBERCULOS					
TRATAMIENTO	BLOQUE			TOTAL DE TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
Testigo	360.00	370.00	365.00	1095.00	365.00
1 Tn ha-1	375.00	380.00	377.00	1132.00	377.33
NPK (25%) +1 Tn ha ⁻¹	475.00	478.00	470.00	1423.00	474.33
NPK (50%) +1 Tn ha ⁻¹	470.00	472.00	468.00	1410.00	470.00
NPK (100%) +1 Tn ha ⁻¹	385.00	387.00	384.00	1156.00	385.33
NPK (100%)	390.00	389.00	386.00	1165.00	388.33
TOTAL DE BLOQUE	2065.00	2476.00	2450.00	6991.00	2330.33

NUMERO DE TUBERCULOS NO COMERCIALES					
TRATAMIENTO	BLOQUE			TOTAL DE TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
Testigo	41.00	34.00	38.00	113.00	37.67
1 Tn ha-1	35.00	33.00	27.00	95.00	31.67
NPK (25%) +1 Tn ha ⁻¹	35.00	29.00	24.00	88.00	29.33
NPK (50%) +1 Tn ha ⁻¹	27.00	24.00	9.00	60.00	20.00
NPK (100%) +1 Tn ha ⁻¹	31.00	25.00	16.00	72.00	24.00
NPK (100%)	30.00	24.00	10.00	64.00	21.33
TOTAL DE BLOQUE	169.00	169.00	124.00	462.00	154.00

NUMERO DE TUBERCULOS COMERCIALES					
TRATAMIENTO	BLOQUE			TOTAL DE TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
Testigo	43.00	57.00	60.00	160.00	53.33
1 Tn ha-1	63.00	62.00	69.00	194.00	64.67
NPK (25%) +1 Tn ha ⁻¹	60.00	63.00	65.00	188.00	62.67
NPK (50%) +1 Tn ha ⁻¹	75.00	88.00	100.00	263.00	87.67
NPK (100%) +1 Tn ha ⁻¹	64.00	78.00	75.00	217.00	72.33
NPK (100%)	67.00	66.00	80.00	213.00	71.00
TOTAL DE BLOQUE	305.00	414.00	449.00	1168.00	389.33

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO TOTAL Kg Ha ⁻¹			TOTAL DE TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	4236.32	4224.73	4380.42	12841.47	4280.49
2	13185.31	16155.34	16623.03	45963.68	15321.23
3	13711.55	15602.43	13814.96	43128.94	14376.31
4	17268.62	18311.12	18224.77	53804.51	17934.84
5	12136.82	13760.38	14989.57	40886.77	13628.92
6	13892.15	14289.22	13194.75	41376.12	13792.04

Anexo 3. Costos de producción

COSTO DE PRODUCCION DEL TESTIGO (sin fertilización)				
VARIEDAD	Amarilis			
CLASE DE SEMILLA	Certificada			
SISTEMA DE SIEMBRA	Directa			
NIVEL TECNOLÓGICO	Medio			
PERÍODO VEGETATIVO	140 días			
FECHA DE COSTEO	Abril 2025			
	UNIDAD	Nº	VALOR	COSTO
ACTIVIDAD	DE	DE	UNITARIO	TOTAL
	MEDIDA	UNIDAD	(S/.)	(S/.)
I.- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza terreno	Jor.	2	45	90.00
- riego de remojo	Jor.	1	45	45.00
1.2 Siembra				
- Distribución de semilla	Jor.	10	45	450.00
- Distribución de abono y fertilizantes	Jor.	0	0	0.00
- Tapado de semilla	Jor.	10	45	450.00
1.3 Labores Culturales				
- Deshiervos	Jor.	15	45	675.00
- Aporques	Jor.	14	45	630.00
- Riegos	Jor.	8	45	360.00
- Aplicación pesticidas	Jor.	4	45	180.00
1.4 Cosecha				
- Desaporque	Jor.	18	45	810.00
- Recolección y selección	Jor.	16	45	720.00
- Encostalado y carguío	Jor.	16	45	720.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		114		5130.00
2. Maquinaria Agrícola:				
2.1 Aradura	H/M	4	90	360.00
2.3 Rastra	H/M	2	90	180.00
2.4 Surcado	H/M	2	90	180.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA AGRICOLA		8		720.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	2000	2.00	4000.00
3.2 Fertilizantes				
- Urea	Kg.	0	1.34	0.00
- Super Fosfato Triple	Kg.	0	1.80	0.00
- Cloruro de Potasio	Kg.	0	1.40	0.00
3.3 Abono Orgánico				
- Humuz de Lombriz	Kg.	0	1.50	0.00
3.4 Pesticidas				
- Cypermetrina	Lt.	1	60.00	60.00

- Carbendazim	Lt.	1	60.00	60.00
- Carboxin+captan	Kg.	1	170.00	170.00
- Mancozeb+cymoxanil	Kg.	2	55.00	110.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				4400.00
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				10250.00
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Gastos Generales y Administrativos (15% C.D.)				1537.50
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				1537.50
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCION				S/.11,787.50
IV. VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg./ha.)				4280.49
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				S/. 2.25
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				S/. 9,631.10
V. DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION				
A. Pérdidas y mermas (5% producción)	kg	214.02		S/. 481.56
B. Producción Vendida (95% producción)	kg	4066.47		S/. 9,149.55
C. Utilidad Neta Estimada				-S/.2,637.95
VI. ANALISIS ECONOMICO				
Valor Bruto de la Producción				S/. 9,631.10
Costo Total de la Producción				S/.11,787.50
Utilidad Bruta de la Producción				-S/.2,156.40
Utilidad Neta Estimada				-S/.2,637.95
Precio Promedio Venta Unitario				S/. 2.25
Costo de Producción Unitario				S/. 2.75
Margen de Utilidad Unitario				-S/. 0.50
Indicé de Rentabilidad (%)				-22.38%
Indicé de Rentabilidad (%) Bruta				-18.29%
Relación Costo / Beneficio				S/. 0.82

COSTO DE PRODUCCION DEL TRATAMIENTO 2 (1 t ha ⁻¹ humus)				
VARIEDAD	Amarilis			
CLASE DE SEMILLA	Certificada			
SISTEMA DE SIEMBRA	Directa			
NIVEL TECNOLÓGICO	Medio			
PERÍODO VEGETATIVO	140 días			
FECHA DE COSTEO	Abril 2025			
	UNIDAD	Nº	VALOR	COSTO
ACTIVIDAD	DE	DE	UNITARIO	TOTAL
	MEDIDA	UNIDAD	(S/.)	(S/.)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza terreno	Jor.	2	45	90.00
- riego de remojo	Jor.	1	45	45.00
1.2 Siembra				
- Distribución de semilla	Jor.	10	45	450.00
- Distribución de abono y fertilizantes	Jor.	6	45	270.00
- Tapado de semilla	Jor.	10	45	450.00
1.3 Labores Culturales				
- Deshiervos	Jor.	15	45	675.00
- Aporques	Jor.	14	45	630.00
- Riegos	Jor.	8	45	360.00
- Aplicación pesticidas	Jor.	4	45	180.00
1.4 Cosecha				
- Desaporque	Jor.	18	45	810.00
- Recolección y selección	Jor.	16	45	720.00
- Encostado y carguío	Jor.	16	45	720.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		120		5400.00
2. Maquinaria Agrícola:				
2.1 Aradura	H/M	4	90	360.00
2.3 Rastra	H/M	2	90	180.00
2.4 Surcado	H/M	2	90	180.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA AGRICOLA		8		720.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	2000	2.00	4000.00
3.2 Fertilizantes				
- Urea	Kg.	0	1.34	0.00
- Super Fosfato Triple	Kg.	0	1.80	0.00
- Cloruro de Potasio	Kg.	0	1.40	0.00
3.3 Abono Orgánico				
- Humuz de Lombriz	Kg.	1000	1.50	1500.00

3.4 Pesticidas				
- Cypermetrina	Lt.	1	60.00	60.00
- Carbendazim	Lt.	1	60.00	60.00
- Carboxin+captan	Kg.	1	170.00	170.00
- Mancozeb+cymoxanil	Kg.	2	55.00	110.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				5900.00
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				12020.00
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Gastos Generales y Administrativos (15% C.D.)				1803.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				1803.00
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCION				S/.13,823.00
IV. VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg./ha.)				15321.23
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				S/ 2.25
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				S/.34,472.77
V. DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION				
A. Pérdidas y mermas (5% producción)	Kg.	766.0615		S/. 1,723.64
B. Producción Vendida (95% producción)	Kg.	14555.1685		S/.32,749.13
C. Utilidad Neta Estimada				S/.18,926.13
VI. ANALISIS ECONOMICO				
Valor Bruto de la Producción				S/.34,472.77
Costo Total de la Producción				S/ 13,823.00
Utilidad Bruta de la Producción				S/.20,649.77
Utilidad Neta Estimada				S/.18,926.13
Precio Promedio Venta Unitario				S/. 2.25
Costo de Producción Unitario				S/. 0.90
Margen de Utilidad Unitario				S/. 1.35
Indicé de Rentabilidad (%)				136.92%
Indicé de Rentabilidad (%) Bruta				149.39%
Relación Costo / Beneficio				S/. 2.49

COSTO DE PRODUCCION DEL TRATAMIENTO 3 (NPK (25%) + 1 t ha⁻¹ humus)				
VARIEDAD	Amarilis			
CLASE DE SEMILLA	Certificada			
SISTEMA DE SIEMBRA	Directa			
NIVEL TECNOLÓGICO	Medio			
PERÍODO VEGETATIVO	140 días			
FECHA DE COSTEO	Abril 2025			
	UNIDAD	Nº	VALOR	COSTO
ACTIVIDAD	DE	DE	UNITARIO	TOTAL
	MEDIDA	UNIDAD	(S/.)	(S/.)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza terreno	Jor.	2	45	90.00
- riego de remojo	Jor.	1	45	45.00
1.2 Siembra				
- Distribución de semilla	Jor.	10	45	450.00
- Distribución de abono y fertilizantes	Jor.	6	45	270.00
- Tapado de semilla	Jor.	10	45	450.00
1.3 Labores Culturales				
- Deshiervos	Jor.	15	45	675.00
- Aporques	Jor.	14	45	630.00
- Riegos	Jor.	8	45	360.00
- Aplicación pesticidas	Jor.	4	45	180.00
1.4 Cosecha				
- Desaporque	Jor.	18	45	810.00
- Recolección y selección	Jor.	16	45	720.00
- Encostalado y carguío	Jor.	16	45	720.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		120		5400.00
2. Maquinaria Agrícola:				
2.1 Aradura	H/M	4	90	360.00
2.3 Rastra	H/M	2	90	180.00
2.4 Surcado	H/M	2	90	180.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA AGRICOLA		8		720.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	2000	2.00	4000.00
3.2 Fertilizantes				
- Urea	Kg.	81.52	2.50	203.80
- Super Fosfato Triple	Kg.	81.52	3.00	244.56
- Cloruro de Potasio	Kg.	62.5	4.00	250.00
3.3 Abono Orgánico				
- Humuz de Lombriz	Kg.	1000	1.50	1500.00
3.4 Pesticidas				

- Cypermetrina	Lt.	1	60.00	60.00
- Carbendazim	Lt.	1	60.00	60.00
- Carboxin+captan	Kg.	1	170.00	170.00
- Mancozeb+cymoxanil	Kg.	2	55.00	110.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				6598.36
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				12718.36
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Gastos Generales y Administrativos (15% C.D.)				1907.75
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				1907.75
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCION				S/.14,626.11
IV. VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg./ha.)				14376.31
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				S/. 2.25
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				S/.32,346.70
V. DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION				
A. Pérdidas y mermas (5% producción)	Kg.	718.8155		S/.1,617.33
B. Producción Vendida (95% producción)	Kg.	13657.4945		S/.30,729.36
C. Utilidad Neta Estimada				S/.16,103.25
VI. ANALISIS ECONOMICO				
Valor Bruto de la Producción				S/.32,346.70
Costo Total de la Producción				S/.14,626.11
Utilidad Bruta de la Producción				S/.17,720.58
Utilidad Neta Estimada				S/.16,103.25
Precio Promedio Venta Unitario				S/. 2.25
Costo de Producción Unitario				S/. 1.02
Margen de Utilidad Unitario				S/. 1.23
Indicé de Rentabilidad (%)				110.10%
Indicé de Rentabilidad (%) Bruta				121.16%
Relación Costo / Beneficio				S/. 2.21

COSTO DE PRODUCCION DEL TRATAMIENTO 4 (NPK (50%) + 1 t ha ⁻¹ humus)				
VARIEDAD	Amarilis			
CLASE DE SEMILLA	Certificada			
SISTEMA DE SIEMBRA	Directa			
NIVEL TECNOLÓGICO	Medio			
PERÍODO VEGETATIVO	140 días			
FECHA DE COSTEO	Abril 2025			
	UNIDAD	Nº	VALOR	COSTO
ACTIVIDAD	DE	DE	UNITARIO	TOTAL
	MEDIDA	UNIDAD	(S/.)	(S/.)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza terreno	Jor.	2	45	90.00
- riego de remojo	Jor.	1	45	45.00
1.2 Siembra				
- Distribución de semilla	Jor.	10	45	450.00
- Distribución de abono y fertilizantes	Jor.	6	45	270.00
- Tapado de semilla	Jor.	10	45	450.00
1.3 Labores Culturales				
- Deshiervos	Jor.	15	45	675.00
- Aporques	Jor.	14	45	630.00
- Riegos	Jor.	8	45	360.00
- Aplicación pesticidas	Jor.	4	45	180.00
1.4 Cosecha				
- Desaporque	Jor.	18	45	810.00
- Recolección y selección	Jor.	16	45	720.00
- Encostado y carguío	Jor.	16	45	720.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		120		5400.00
2. Maquinaria Agrícola:				
2.1 Aradura	H/M	4	90	360.00
2.3 Rastra	H/M	2	90	180.00
2.4 Surcado	H/M	2	90	180.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA AGRICOLA		8		720.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	2000	2.00	4000.00
3.2 Fertilizantes				
- Urea	Kg.	163.04	2.50	407.60
- Super Fosfato Triple	Kg.	152.17	3.00	456.51
- Cloruro de Potasio	Kg.	108.33	4.00	433.32
3.3 Abono Orgánico				
- Humus de Lombriz	Kg.	1000	1.50	1500.00
3.4 Pesticidas				

- Cypermetrina	Lt.	1	60.00	60.00
- Carbendazim	Lt.	1	60.00	60.00
- Carboxin+captan	Kg.	1	170.00	170.00
- Mancozeb+cymoxanil	Kg.	2	55.00	110.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				7197.43
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				13317.43
II.- COSTOS INDIRECTOS				
A. Gastos Generales y Administrativos (15% C.D.)				1997.61
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				1997.61
III.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION				S/. 15,315.04
IV.- VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg./ha.)				17934.84
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				S/ 2.25
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				S/. 40,353.39
V.- DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION				
A. Pérdidas y mermas (5% producción)	Kg.	896.742		S/. 2,017.67
B. Producción Vendida (95% producción)	Kg.	17038.098		S/. 38,335.72
C. Utilidad Neta Estimada				S/. 23,020.68
VI.- ANALISIS ECONOMICO				
Valor Bruto de la Producción				S/. 40,353.39
Costo Total de la Producción				S/. 15,315.04
Utilidad Bruta de la Producción				S/. 25,038.35
Utilidad Neta Estimada				S/. 23,020.68
Precio Promedio Venta Unitario				S/. 2.25
Costo de Producción Unitario				S/. 0.85
Margen de Utilidad Unitario				S/. 1.40
Indicé de Rentabilidad (%)				150.31%
Indicé de Rentabilidad (%) Bruta				163.49%
Relación Costo / Beneficio				S/. 2.63

COSTO DE PRODUCCION DEL TRATAMIENTO 5 (NPK (100%) + 1 t ha⁻¹ humus)				
VARIEDAD	Amarilis			
CLASE DE SEMILLA	Certificada			
SISTEMA DE SIEMBRA	Directa			
NIVEL TECNOLÓGICO	Medio			
PERÍODO VEGETATIVO	140 días			
FECHA DE COSTEO	Abril 2025			
	UNIDAD	Nº	VALOR	COSTO
ACTIVIDAD	DE	DE	UNITARIO	TOTAL
	MEDIDA	UNIDAD	(S/.)	(S/.)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza terreno	Jor.	2	45	90.00
- riego de remojo	Jor.	1	45	45.00
1.2 Siembra				
- Distribución de semilla	Jor.	10	45	450.00
- Distribución de abono y fertilizantes	Jor.	6	45	270.00
- Tapado de semilla	Jor.	10	45	450.00
1.3 Labores Culturales				
- Deshiervos	Jor.	15	45	675.00
- Aporques	Jor.	14	45	630.00
- Riegos	Jor.	8	45	360.00
- Aplicación pesticidas	Jor.	4	45	180.00
1.4 Cosecha				
- Desaporque	Jor.	18	45	810.00
- Recolección y selección	Jor.	16	45	720.00
- Encostalado y carguío	Jor.	16	45	720.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		120		5400.00
2. Maquinaria Agrícola:				
2.1 Aradura	H/M	4	90	360.00
2.3 Rastra	H/M	2	90	180.00
2.4 Surcado	H/M	2	90	180.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA AGRICOLA		8		720.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	2000	2.00	4000.00
3.2 Fertilizantes				
- Urea	Kg.	326.09	2.50	815.23
- Super Fosfato Triple	Kg.	304.35	3.00	913.05
- Cloruro de Potasio	Kg.	216.67	4.00	866.68
3.3 Abono Orgánico				
- Humus de Lombriz	Kg.	1000	1.50	1500.00
3.4 Pesticidas				
- Cypermetrina	Lt.	1	60.00	60.00

- Carbendazim	Lt.	1	60.00	60.00
- Carboxin+captan	Kg.	1	170.00	170.00
- Mancozeb+cymoxanil	Kg.	2	55.00	110.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				8494.96
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				14614.96
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Gastos Generales y Administrativos (15% C.D.)				2192.24
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				2192.24
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCION				S/.16,807.20
IV. VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg./ha.)				13628.92
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				S/ 2.25
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				S/. 30,665.07
V. DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION				
A. Pérdidas y mermas (5% producción)	Kg.	681.446		S/. 1,533.25
B. Producción Vendida (95% producción)	Kg.	12947.474		S/. 29,131.82
C. Utilidad Neta Estimada				S/. 12,324.62
VI. ANALISIS ECONOMICO				
Valor Bruto de la Producción				S/.30,665.07
Costo Total de la Producción				S/. 16,807.20
Utilidad Bruta de la Producción				S/. 13,857.87
Utilidad Neta Estimada				S/. 12,324.62
Precio Promedio Venta Unitario				S/. 2.25
Costo de Producción Unitario				S/. 1.23
Margen de Utilidad Unitario				S/. 1.02
Indicé de Rentabilidad (%)				73.33%
Indicé de Rentabilidad (%) Bruta				82.45%
Relación Costo / Beneficio				S/. 1.82

COSTO DE PRODUCCION DEL TRATAMIENTO 6 (NPK (100%))				
VARIEDAD	Amarilis			
CLASE DE SEMILLA	Certificada			
SISTEMA DE SIEMBRA	Directa			
NIVEL TECNOLÓGICO	Medio			
PERÍODO VEGETATIVO	140 días			
FECHA DE COSTEO	Abril 2025			
	UNIDAD	N°	VALOR	COSTO
ACTIVIDAD	DE	DE	UNITARIO	TOTAL
	MEDIDA	UNIDAD	(S/.)	(S/.)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza terreno	Jor.	2	45	90.00
- riego de remojo	Jor.	1	45	45.00
1.2 Siembra				
- Distribución de semilla	Jor.	10	45	450.00
- Distribución de abono y fertilizantes	Jor.	6	45	270.00
- Tapado de semilla	Jor.	10	45	450.00
1.3 Labores Culturales				
- Deshiervos	Jor.	15	45	675.00
- Aporques	Jor.	14	45	630.00
- Riegos	Jor.	8	45	360.00
- Aplicación pesticidas	Jor.	4	45	180.00
1.4 Cosecha				
- Desaporque	Jor.	18	45	810.00
- Recolección y selección	Jor.	16	45	720.00
- Encostalado y carguío	Jor.	16	45	720.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		120		5400.00
2. Maquinaria Agrícola:				
2.1 Aradura	H/M	4	90	360.00
2.3 Rastra	H/M	2	90	180.00
2.4 Surcado	H/M	2	90	180.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA AGRICOLA		8		720.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	2000	2.00	4000.00
3.2 Fertilizantes				
- Urea	Kg.	326.09	2.50	815.23
- Super Fosfato Triple	Kg.	304.35	3.00	913.05
- Cloruro de Potasio	Kg.	216.67	4.00	866.68
3.3 Abono Orgánico				
- Humuz de Lombriz	Kg.	0	1.50	0.00
3.4 Pesticidas				

- Cypermetrina	Lt.	1	60.00	60.00
- Carbendazim	Lt.	1	60.00	60.00
- Carboxin+captan	Kg.	1	170.00	170.00
- Mancozeb+cymoxanil	Kg.	2	55.00	110.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				6994.96
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				13114.96
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Gastos Generales y Administrativos (15% C.D.)				1967.24
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				1967.24
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCION				S/. 15,082.20
IV. VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg./ha.)				13792.04
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				S/ 2.25
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				S/. 31,032.09
V. DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION				
A. Pérdidas y mermas (5% producción)	Kg.	689.602		S/. 1,551.60
B. Producción Vendida (95% producción)	Kg.	13102.438		S/. 29,480.49
C. Utilidad Neta Estimada				S/. 14,398.29
VI. ANALISIS ECONOMICO				
Valor Bruto de la Producción				S/. 31,032.09
Costo Total de la Producción				S/. 15,082.20
Utilidad Bruta de la Producción				S/. 15,949.89
Utilidad Neta Estimada				S/. 14,398.29
Precio Promedio Venta Unitario				S/. 2.25
Costo de Producción Unitario				S/. 1.09
Margen de Utilidad Unitario				S/. 1.16
Indicé de Rentabilidad (%)				95.47%
Indicé de Rentabilidad (%) Bruta				105.75%
Relación Costo / Beneficio				S/. 2.06

Anexo 4. Análisis del Suelo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 030334-24/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : ANGEL VILLANUEVA TERAN
 Propietario / Productor : ANGEL VILLANUEVA TERAN
 Dirección del cliente* : AV. LA PAZ N° 860-CAJAMARCA
 Solicitado por : Cliente
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 01 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s)* : EL LLIMBE/LLACANORA/CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo* : 16/02/2024
 Fecha de recepción de muestra(s)* : 19/02/2024
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliáres - LABSAF Baños del Inca
 Fecha(s) de análisis : 08/03/2024
 Cotización del servicio : 047-24-BI
 Fecha de emisión : 11/03/2024



Firmado digitalmente por
 CARRERA HERNANDEZ
 Antonio J.A. 2013106394 soft
 libetvo: 3cy e autor del
 documento
 Fecha: 11/03/2024 1:52:06-0503

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1				
Código de Laboratorio			SU0183-BI-24				
Matriz Analizada			Suelo				
Fecha de Muestreo*			: 16/02/2024				
Hora de Inicio de Muestreo (h)*			16:30				
Condición de la muestra			Conservada				
Código/identificación de la Muestra por el Cliente			Parcela 1				
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
pH		0,1	8,0				
Acidez Intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	0,5	—				
Aluminio Intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	0,5	—				
Carbonatos de Calcio equivalente (**)	%	0,5	16,8				
Materia Orgánica	%	0,1	2,6				
Fósforo disponible (**)	mg/kg	0,5	7,3				
Potasio disponible (**)	mg/kg	0,5	122,2				
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	10,1				
Análisis de Textura							
Arena (**)	%	—	48				
Arilla (**)	%	—	34				
Limo (**)	%	—	18				
Clase Textural (**)	—	—	Franco Arcillo Arenoso				

4.1 Recomendación de fertilización



Instituto Nacional de Innovación Agraria



RECOMENDACIONES

Código de Muestra	Cultivo a Instalar	Cantidad de Nutrientes Kg/Ha			Cantidad en Tn/Ha	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	ESTIERCOL
BU0183-BI-24	Popo	150	140	130	--	3.50

PLAN DE FERTILIZACION QUIMICA

Primera Fertilización Kg/Ha - Siembra	Programa de Fertilización			Siembra	Aporte
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Urea					
Fosfato Diamónico					
Sulfato de Potasio					

Segunda Fertilización Kg/Ha - Aporte	Fuente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Azufre
Urea	Urea				

PLAN DE ABONO ORGANICO

Abonamiento Kg/Ha - Siembra
Incorporar Materia Orgánica Procesada

COMENTARIOS:



Firmado digitalmente por:
CABRERA HORTOS Hediar
Atributo: FAU 20131303044 soft
Activar: Soy el autor del
Documento
Fecha: 11/03/2024 11:52:38 -0500

Anexo 5. Análisis del Humus de Lombriz



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n teléf.: 614 7800 anexo 226 / 349 3969 E mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 020450

ANALISIS DE HUMUS

SOLICITANTE : ANGEL VILLANUEVA TERAN

PROYECTO : EFECTO DE CINCO DOSIS DE FERTIABONO (NPK - HUMUS DE LOMBRIZ) EN EL RENDIMIENTO DE CULTIVO DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM L) VAR AMARILLIS EN EL CASERIO LLIMBE - LLAÇANDORA CAJAMARCA

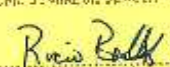
UBIGACIÓN : Caserio Límbe, Llaucanora Cajamarca

RESP. ANÁLISIS : Ing. Elizabeth Montenegro Poma

FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 01 de abril de 2024

Número de muestra		M.O. (%)
Lab.	Campo	
20450	HUMUS-0124	28.42

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



Dra. Rocío Pastor Jáuregui
CEN de LABORATORIO

