

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE PAPA NATIVA (*Solanum*
sp), BAJO TRES NIVELES DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES
INORGÁNICOS EN SAN JOSE DE TIAHUANACU, MUNICIPIO DE
ESCOMA**

Por:

Ramiro Alvarado Alvarado

EL ALTO – BOLIVIA

Diciembre, 2024

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE PAPA NATIVA (*Solanum sp*), BAJO TRES
NIVELES DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES INORGÁNICOS EN SAN JOSE DE
TIAHUANACU, MUNICIPIO DE ESCOMA**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Ramiro Alvarado Alvarado

Asesores:

Ing. Orlando Achu Cocarico

Lic. Ing. Dionicio Corina Mamani

M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas

Tribunal Revisor:

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

Lic. Ing. Walter Fernandez Molina

Lic. Ing. Teófilo Serrano Canaviri

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

Con todo mi cariño a mis queridos padres Marcelino y Julia, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, dándome su amor, sacrificio y apoyo, muchos de mis logros se los debo a ellos entre los que se incluye este. Por haberme brindado su apoyo a la distancia durante mis estudios.

Y a mis hermanos Henry, Wara, Abad y Canicio, a ellos por brindarme su apoyo y su aliento de poder terminar esta hermosa carrera.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por iluminarme y guiarme durante todo este tiempo, por darme sabiduría e inteligencia y poder culminar este trabajo y mi carrera.

A la Universidad Pública de El Alto; en especial a la carrera Ingeniería Agronómica, por mi formación profesional. A todos mis estimados catedráticos de la carrera de agronomía, por brindarme sus enseñanzas, experiencias, conocimientos, valores de ser humano, los momentos de alegría, reflexión dentro del aula y fuera, en todo el transcurso de estudio.

A mis asesores, Lic. Ing. Dionicio Corina Mamani, un profundo agradecimiento por su apoyo, enseñanza y dedicación al guiarme en el trabajo de tesis. M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas, por su valiosa contribución, guía y orientación en el desarrollo y culminación de este trabajo. Al Ing. M. Sc. Orlando Achu Cocarico, por el apoyo y confianza brindada durante la realización de la investigación.

A mis revisores, M.Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, por el detalle y paciencia en las observaciones realizadas para una mejor redacción. Lic. Ing. Walter Fernández Molina, por sus sugerencias y correcciones realizadas en el trabajo de edición del documento final. Lic. Ing. Teófilo Serrano Canaviri, por sus observaciones oportunas y la atención presentada al presente trabajo de tesis.

Al proyecto Regional Andes Resiliente al Cambio Climático ejecutado por HELVETAS Swiss Intercooperation, por haberme brindado la oportunidad de llevar adelante este trabajo de investigación y guiar mis primeros pasos profesionalmente.

A toda mi familia; deseo expresar un profundo agradecimiento, en especial a mis padres Marcelino y Julia; por brindarme su amor y constante colaboración en todos mis años de estudio y en la culminación del presente trabajo.

A mis apreciados amigos (as) Williams C., Heber P., Noemí C., Julia E., Lucrecia S., y mis compañeros (as), gracias por compartir momentos inolvidables en mi vida universitaria.

Finalmente, un agradecimiento sincero a todas las personas que me colaboraron en una u otra forma en la realización del presente trabajo.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
ABREVIATURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Origen y evolución de la papa.....	4
2.1.1. Importancia del cultivo de la papa.....	4
2.1.1.1. Valor nutritivo de la papa.....	5
2.1.1.1.1. Clasificación taxonómica de la papa	5
2.2. Características agronómicas de la papa.....	6
2.3. Descripción de las variedades de interés en la investigación	6
2.4. Fases fenológicas del cultivo de la papa.....	8
2.4.1. Requerimientos edafológicos de cultivo.....	9

2.4.2.	Requerimientos nutricionales del cultivo	11
2.4.3.	Factores productivos que afectan al cultivo	11
2.4.4.	Labores culturales del cultivo	11
2.5.	Fertilización inorgánica	12
2.6.	Tipos de fertilizantes inorgánicos	12
2.7.	Fertilización inorgánica	15
2.8.	Rendimiento de papa en el departamento de La Paz.....	16
2.9.	Rendimiento del cultivo de papa en el altiplano norte de La Paz.....	16
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1.	Localización	17
3.1.1.	Ubicación Geográfica	17
3.1.2.	Características Edafoclimáticas	18
3.1.3.	Clima	18
3.1.4.	Suelo	18
3.1.5.	Flora	18
3.2.	Materiales.....	18
3.2.1.	Material vegetal.....	18
3.2.2.	Insumos.....	18
3.2.3.	Material de escritorio	19
3.2.4.	Material de campo	19
3.3.	Metodología	20
3.3.1.	Desarrollo del ensayo	20
3.3.1.1.	Selección e identificación del terreno.....	20
3.3.1.2.	Muestreo del suelo	20
3.3.1.3.	Recolección de información climática temperatura y precipitación	21
3.3.1.4.	Delimitación del sitio experimental	21

3.3.1.5.	Preparación del terreno	21
3.3.1.6.	Siembra.....	21
3.3.1.7.	Dosificación de fertilizantes	21
3.3.1.8.	Suelo, disponibilidad de N P K expresados en Kg.....	22
3.3.1.9.	Requerimiento N P K por la planta expresados en Kg (Imilla Negra y Pinta Boca) 22	
3.3.1.10.	Disponibilidad de N P K por parte de los fertilizantes químicos	23
3.3.1.11.	Dosificación de nitrógeno fósforo y potasio	23
3.3.1.12.	Aplicación de fertilizantes	24
3.3.1.13.	Marbeteado de las plantas	24
3.3.1.14.	Labores culturales.....	24
3.3.1.15.	Cosecha del cultivo.....	24
3.3.2.	Diseño experimental	24
3.3.3.	Factores de estudio	25
3.3.3.1.	Formulación de tratamientos.....	25
3.3.4.	Variables de respuesta	26
3.3.4.1.	Variables edáficas.....	26
3.3.4.2.	Recolección de información climática	27
3.3.4.3.	Variables Agronómicas.....	27
3.3.5.	Análisis estadístico	29
3.3.5.1.	Análisis de varianza.....	29
3.3.5.2.	Análisis de medias.....	29
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1.	Variables edáficas.....	30
4.1.1.	Análisis físico del suelo.....	30
4.1.2.	Análisis químico del suelo	31
4.2.	Condición medio ambiental	32

4.3.	Temperaturas.....	32
4.4.	Precipitación pluvial	33
4.5.	Variables agronómicas del cultivo.....	34
4.6.	Días a la emergencia.....	34
4.7.	Altura de la planta	34
4.8.	Diámetro del follaje	36
4.9.	Número de tallos.....	38
4.10.	Número de botones florales	40
4.11.	Número de tubérculos por planta	42
4.12.	Rendimiento.....	44
4.13.	Incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos	46
4.14.	Severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos	48
4.15.	Relación beneficio/costo.....	50
5.	CONCLUSIONES	52
6.	RECOMENDACIONES.....	54
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
8.	ANEXOS	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Urea (Ficha técnica).....	12
Cuadro 2.	Fosfato diamónico (Ficha técnica).....	13
Cuadro 3.	Cloruro de potasio (Ficha técnica).....	14
Cuadro 4.	Blaukorn Classic (Ficha técnica)	15
Cuadro 5.	Superficie, producción y rendimiento de papa	16
Cuadro 6.	Aplicación de los fertilizantes inorgánicos.....	19
Cuadro 7.	Dosificación de fertilizantes	22
Cuadro 8.	Requerimiento de fertilizantes en la parcela de investigación	23
Cuadro 9.	Requerimiento de fertilizantes en la parcela de investigación	31
Cuadro 10.	Análisis de la Varianza para la variable altura de la planta	34
Cuadro 11.	Análisis de la Varianza para la variable diámetro del follaje de la planta ...	37
Cuadro 12.	Análisis de la Varianza para la variable número de tallos	38
Cuadro 13.	Análisis de la Varianza para la variable número de botones florales de la .	40
Cuadro 14.	Análisis de la Varianza para la variable número de tubérculos	42
Cuadro 15.	Análisis de la Varianza para la variable rendimiento de los tubérculos	44
Cuadro 16.	Análisis de la Varianza para la variable incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos	46
Cuadro 17.	Análisis de la Varianza para la variable severidad en el tubérculo de la papa 48	
Cuadro 18.	Relación Beneficio/Costo	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Variedad Imilla Negra (IBTA, 1994)	7
Figura 2.	Variedad Pinta Boca (IBTA, 1994)	7
Figura 3.	Etapas fenológicas del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	8
Figura 4.	Imagen satelital comunidad San Jose de Tiahuanacu Municipio de Escoma. Fuente: (Google maps, 2023).....	17
Figura 5.	Análisis de la textura del suelo, comunidad San Jose de Tiahuanacu	30
Figura 6.	Comportamiento de las temperaturas máximas y mínima	32
Figura 7.	Comportamiento de la precipitación pluvial	33
Figura 8.	Dinámica de porcentaje de emergencia de las variedades Imilla negra y Pinta boca	34
Figura 9.	Altura de planta, bajo tres niveles de aplicación de fertilizantes	35
Figura 10.	Diámetro del follaje de la planta (cm) bajo la aplicación de tres niveles	38
Figura 11.	Número de tallos por planta bajo tres niveles de aplicación de fertilizantes inorgánicos.....	39
Figura 12.	Número de botones florales por planta bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes inorgánicos.	41
Figura 13.	Número de tubérculos por planta bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes inorgánicos.	43
Figura 14.	Rendimiento de los tubérculos en t/ha bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes inorgánicos	45
Figura 15.	Incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos de la papa bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes	47
Figura 16.	Severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos de la papa bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Toma de muestreo de suelo	62
Anexo 2.	Croquis de la parcela Experimental	63
Anexo 3.	Preparado, Roturado y rastreado de la parcela de investigación.....	63
Anexo 4.	Siembra de dos variedades de papa nativa en la parcela	64
Anexo 5.	Incorporación de fertilizantes.....	64
Anexo 6.	Marbeteado de plantas en la parcela	65
Anexo 7.	Desmalezado y aporque de la parcela.....	65
Anexo 8.	Cosecha de los tubérculos de las dos variedades.....	66
Anexo 9.	Incidencia y severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos	66
Anexo 10.	Costos de producción por cada tratamiento (Expresado en bolivianos)	67
Anexo 11.	Calculo de fertilizantes inorgánicos aplicados en parcela de investigación para la variedad Imilla Negra.....	69
Anexo 12.	Calculo de fertilizantes inorgánicos aplicados en parcela de investigación para la variedad Pinta Boca.....	72
Anexo 13.	Resultados del análisis químico físico del suelo de la comunidad San José de Tiahuanaco	75
Anexo 14.	Precios según la categoría de dos variedades de papas nativas	75

ABREVIATURAS

ÁP	Altura planta
DE	Días a emergencia
cm	Centímetro
NBF	Número de botones florales
DF	Diámetro del follaje
kg	Kilogramo
NT	Número de tallos
R	Rendimiento
km	Kilómetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
NTP	Número de tubérculos por planta
RBC	Relación beneficio/costo
Σ	Sumatoria
Zn	Zinc

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de dos variedades de papa nativa (*Solanum sp.*), Imilla Negra y Pinta Boca, bajo tres niveles de fertilizantes inorgánicos en la comunidad de San Jose de Tiahuanacu, municipio de Escoma, provincia Camacho, departamento de La Paz. Este estudio se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2022-2023 con el objetivo de encontrar alternativas sostenibles para los sistemas tradicionales de cultivo de papa. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con arreglo en franjas, aplicando tres tratamientos para cada variedad, replicados tres veces por bloque. Las variables evaluadas incluyeron porcentaje de emergencia, altura de plantas, diámetro del follaje, número de tallos, botones florales por planta, número de tubérculos por planta, rendimiento agronómico, incidencia y severidad en el tubérculo, y relación beneficio-costo parcial. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas en el porcentaje de días a la emergencia entre las dos variedades. Con la aplicación de los diferentes niveles de fertilizantes inorgánicos, se obtuvieron los siguientes resultados: la altura promedio de las plantas fue de 37,58 cm para Imilla Negra y 36,33 cm para Pinta Boca. El diámetro promedio del follaje fue de 45,75 cm para Imilla Negra y 50,08 cm para Pinta Boca. Imilla Negra produjo un promedio de 22 tubérculos por planta, superando a Pinta Boca, que produjo 17 tubérculos por planta. Además, Imilla Negra presentó un promedio de 3 tallos por planta frente a los 2 tallos por planta de Pinta Boca. El número de botones florales también aumentó con la aplicación de fertilizantes. En síntesis, la variedad Imilla Negra con la aplicación total de fertilizantes (100%) alcanzó un rendimiento de 11,53 t/ha, mientras que Pinta Boca, con una aplicación del 70% de fertilizantes, logró un rendimiento superior de 15,00 t/ha. Sin fertilización, Imilla Negra obtuvo 9,33 t/ha y Pinta Boca alcanzó 11,67 t/ha. Estos resultados subrayan la influencia positiva de los fertilizantes en el rendimiento de ambas variedades, siendo Pinta Boca más productiva. El análisis económico reveló que Imilla Negra con el tratamiento 4 alcanzó el mayor rendimiento de 11,53 t/ha, mientras que Pinta Boca con el tratamiento 3 logró 15 t/ha, con una relación beneficio/costo de 1,23, indicando que estos tratamientos fueron rentables y beneficiosos para el cultivo.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the performance of two native potato varieties (*Solanum sp.*), Imilla Negra and Pinta Boca, under three levels of inorganic fertilizers in the community of San Jose de Tiahuanacu, Escoma municipality, Camacho province, La Paz department. This study was carried out during the 2022-2023 agricultural campaign with the aim of finding sustainable alternatives to traditional potato cultivation systems. A completely randomized block experimental design with a strip arrangement was used, applying three treatments for each variety, replicated three times per block. The variables evaluated included percentage of emergence, plant height, foliage width, number of stems, flower buds per plant, number of tubers per plant, agronomic yield, incidence and severity in the tuber, and partial benefit-cost ratio. The results indicated that there were no significant differences in the percentage of days to emergence between the two varieties. With the application of the different levels of inorganic fertilizers, the following results were obtained: the average height of the plants was 37.58 cm for Imilla Negra and 36.33 cm for Pinta Boca. The average diameter of the foliage was 45.75 cm for Imilla Negra and 50.08 cm for Pinta Boca. Imilla Negra produced an average of 22 tubers per plant, surpassing Pinta Boca, which produced 17 tubers per plant. In addition, Imilla Negra presented an average of 3 stems per plant compared to 2 stems per plant for Pinta Boca. The number of flower buds also increased with the application of fertilizers. In summary, the Imilla Negra variety with full application of fertilizers (100%) achieved a yield of 11.53 t/ha, while Pinta Boca, with a 70% application of fertilizers, achieved a higher yield of 15.00 t/ha. Without fertilization, Imilla Negra obtained 9.33 t/ha and Pinta Boca reached 11.67 t/ha. These results underline the positive influence of fertilizers on the yield of both varieties, with Pinta Boca being more productive. The economic analysis revealed that Imilla Negra with treatment 4 achieved the highest yield of 11.53 t/ha, while Pinta Boca with treatment 3 achieved 15 t/ha, with a benefit/cost ratio of 1.23, indicating that these treatments were profitable and beneficial for the crop.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de papa enfrenta varios desafíos, incluyendo la baja fertilidad del suelo, la presencia de plagas, el uso limitado de tubérculos-semilla de alta calidad y la aplicación incorrecta de fertilizantes químicos y abonos orgánicos. Además, factores climáticos adversos como sequías, heladas y granizadas también contribuyen a la baja productividad (Paz, 2006).

La importancia de la papa en Bolivia es clara, ya que es un alimento básico en el país. En las zonas urbanas, el consumo anual promedio por persona es de 80 kg, mientras que en las zonas rurales es de 140 kg por habitante, proporcionando más del 60% de las calorías diarias. Más de 200 mil familias bolivianas dependen de este cultivo, produciendo un promedio de 652 mil toneladas al año (Ugarte e Iriarte, 2005).

Las papas nativas son el resultado de un extenso proceso de domesticación, selección y conservación ancestral, legado de los antiguos pueblos andinos. Estas variedades son muy apreciadas tanto por científicos como por agricultores indígenas debido a sus propiedades organolépticas (sabor, color, textura, forma), agronómicas y su significado cultural. La papa es uno de los cuatro cultivos alimentarios más importantes a nivel mundial, junto con el arroz, el trigo y el maíz, con un consumo per cápita de 92 kg por persona (INIAP, 2011).

Este estudio tiene como objetivo identificar nuevas estrategias para la aplicación de fertilizantes inorgánicos, como la urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y Blaukorn Classic, con el propósito de mejorar el rendimiento y mitigar los efectos adversos en el altiplano boliviano. Estas estrategias podrían ofrecer alternativas económicas viables para una agricultura sostenible, lo cual es esencial tanto a nivel nacional como internacional. La papa es un cultivo de gran importancia socioeconómica en Bolivia, especialmente en las regiones del altiplano y los valles, donde sustenta a numerosas familias. Tradicionalmente, la papa se consume fresca, prefiriéndose los calibres medianos y grandes para el consumo, mientras que los calibres pequeños se utilizan para la elaboración de chuño (Ballejos, 2010).

1.1. Planteamiento del problema

El principal problema en la producción de papa en Bolivia es la baja fertilidad de los suelos, lo que afecta negativamente el rendimiento del cultivo. La fertilidad del suelo es un factor

crucial que puede limitar tanto la producción como la comercialización de la papa. Esta investigación se propone abordar esta problemática, centrándose en la aplicación de fertilizantes inorgánicos. Estos fertilizantes buscan apoyar a las familias dedicadas a la producción de papa nativa, ayudándolas a maximizar los beneficios económicos en esta importante actividad agrícola.

En particular, se analiza la situación de las familias productoras de papa en el municipio de Escoma, en el departamento de La Paz. Los resultados de esta investigación servirán como base para futuros estudios y proyectos que aborden las dificultades que enfrentan estas comunidades, con el objetivo de mejorar tanto la producción como la calidad de vida de los agricultores involucrados.

1.2. Justificación

Esta investigación tiene como objetivo mejorar los rendimientos del cultivo de papa en el altiplano boliviano. Para ello, se evaluará el efecto de diferentes dosis de fertilizantes inorgánicos en dos variedades nativas de papa. La meta es encontrar alternativas sostenibles que mitiguen las condiciones adversas del altiplano y promuevan un uso más eficiente de los fertilizantes. Al emplear semillas certificadas, fertilizantes y agua de manera adecuada, buscamos optimizar la producción de papa y disminuir la dependencia de prácticas agrícolas tradicionales que pueden degradar los suelos. Además, este estudio permitirá entender mejor la importancia de los fertilizantes inorgánicos en la nutrición de las plantas y en el control de plagas y enfermedades. Dado que la papa es un cultivo esencial para la economía de muchas familias en el altiplano, es fundamental generar información científica que permita a los agricultores tomar decisiones más informadas y mejorar sus prácticas agrícolas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar dos variedades de papa nativa (*Solanum sp.*) bajo tres niveles de fertilización inorgánica en San Jose de Tiahuanacu, municipio de Escoma.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el impacto de la aplicación de fertilizantes inorgánicos (urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y Blaukom) en el desarrollo agronómico de dos variedades de papa nativa: Imilla Negra y Pinta Boca.
- Cuantificar los componentes de rendimiento de dos variedades de papa nativa en respuesta a la aplicación de fertilizantes inorgánicos.
- Evaluar la relación beneficio/costo (RBC) de dos variedades de papa nativa bajo distintos niveles de fertilización.

1.4. Hipótesis

- Ho: No existen diferencias significativas en el desarrollo agronómico de las dos variedades de papa nativa (Imilla Negra y Pinta Boca) con la aplicación de los fertilizantes inorgánicos urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y Blaukom.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen y evolución de la papa

Según Chávez (2019), la papa, uno de los alimentos más importantes a nivel mundial, fue domesticada por primera vez en las zonas altoandinas del Perú. Las evidencias arqueológicas sugieren que su cultivo data de hace unos 7,000 años, especialmente en las culturas preincaicas. La papa fue llevada de América del Sur a Europa a finales del siglo XVI, poco después de la conquista del Perú. Tanto la papa cultivada como sus parientes silvestres presentan una gran diversidad genética. Se han identificado más de 200 especies silvestres tuberíferas del género *Solanum*, organizadas en varios niveles de poliploidía, desde diploides hasta hexaploides. Estas especies de papa cultivada están ampliamente distribuidas en diversos ecosistemas del continente americano, desde el norte de México hasta el sur de Chile. En conjunto, representan un recurso genético valioso, con genes y alelos que se utilizan sistemáticamente en los programas de mejoramiento genético actuales para desarrollar variedades superiores, mayormente resistentes a plagas y enfermedades.

En varias regiones del Altiplano boliviano, los cambios climáticos están afectando tanto a los ecosistemas como a las actividades de la población, incluida la producción agrícola. Actualmente, la producción de papa enfrenta desafíos como la disponibilidad limitada de semillas de variedades nativas que ofrecen rendimientos más bajos. Además, la presencia de plagas, enfermedades, heladas, granizadas y sequías está reduciendo la producción, con el riesgo de que algunas variedades puedan desaparecer (PROINPA, 2015).

2.1.1. Importancia del cultivo de la papa

Estrada (2000) destaca que la papa es uno de los cultivos más importantes, ya que supera a otros en la producción de proteínas por unidad de tiempo y área, así como en la generación de energía. Además, su notable adaptabilidad le permite cultivarse en altitudes que van desde los 1000 hasta los 4000 msnm.

Los estudios nutricionales sobre la papa muestran que este tubérculo proporciona entre un 23.0% y un 38.6% de energía, entre un 28.0% y un 57.8% de proteína, entre un 4.9% y un 16.8% de Hierro, entre un 7.0% y un 45.2% de Zinc, y entre un 3.2% y un 6.2% de Calcio. Además, es una fuente significativa de vitamina C (CIP, 2006).

Según la FAO (2008), la papa es rica en micronutrientes, especialmente en vitamina C. Una papa mediana de 150 gramos, consumida con su cáscara, cubre casi la mitad de la ingesta diaria recomendada para un adulto (100 mg). Aunque la papa contiene una cantidad moderada de hierro, su alto contenido de vitamina C mejora la absorción de este mineral. Además, posee antioxidantes que pueden ayudar a prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento y es una buena fuente de fibra, lo cual es beneficioso para la salud.

Gabriel *et al.* (2011), sostienen que una gran parte de la población mundial sufre de deficiencias nutricionales. La papa es crucial en la dieta debido a su proteína de alto valor biológico y su contenido significativo de vitamina C (tanto en forma de ácido ascórbico como dehidroascórbico), así como otras vitaminas hidrosolubles como la tiamina y la vitamina B6. Además, los minerales constituyen el 1% del contenido de los tubérculos de papa, con el potasio (K) siendo el más abundante, seguido por fósforo (P), cloro (Cl), azufre (S), magnesio (Mg) y hierro (Fe) en cantidades moderadas.

2.1.1.1. Valor nutritivo de la papa

Según el INIAP (2012), la papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más relevantes a nivel mundial debido a su alta productividad por unidad de área y su versatilidad culinaria, permitiendo diversas preparaciones como cocida, frita, en locro, tortillas y puré. La papa es una fuente importante de vitaminas, minerales y fitonutrientes, aunque sus beneficios nutricionales no siempre son plenamente reconocidos. Este tubérculo es rico en carbohidratos y también aporta vitaminas y minerales, siendo una fuente notable de fibra dietética, especialmente cuando se consume con cáscara. Las papas contienen antioxidantes como polifenoles, vitamina C y carotenoides, especialmente en las variedades de piel roja-morada y pulpa amarilla o morada, que son conocidos por sus propiedades para prevenir el cáncer y enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares. Las papas frescas casi no contienen grasa ni colesterol. Aunque su contenido proteico es bajo, la calidad biológica de su proteína es excepcional, comparable a la del huevo.

2.1.1.1.1. Clasificación taxonómica de la papa

La taxonomía de la papa es un tema que ha sido ampliamente estudiado y documentado. A continuación, te presento una descripción detallada de la clasificación taxonómica de la papa, junto con una cita bibliográfica de una fuente confiable (Salazar y Huaman, 2008).

Reino: Plantae (Plantas)
División: Magnoliophyta (Angiospermas)
Clase: Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Género: *Solanum*
Especie: *Solanum tuberosum*

2.2. Características agronómicas de la papa

Pardavé (2004) describe la papa (*Solanum sp*) como un tubérculo con tallos subterráneos modificados que tienen yemas y ojos, y cada ojo generalmente contiene tres yemas. Los ojos del tubérculo corresponden morfológicamente a los nudos de los tallos, las cejas representan las hojas y las yemas del ojo son las yemas axilares.

El mismo autor menciona que los estolones son tallos laterales que crecen horizontalmente a partir de las yemas. Estos se alargan con varios entrenudos y terminan en una hinchazón que se convertirá en el futuro tubérculo. Sin embargo, no todos los estolones forman tubérculos; si un estolón no está cubierto por el suelo, puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal. El fruto de la papa es una baya de forma redonda, alargada, ovalada o cónica de color verde, y puede contener entre ninguna y 300 o 400 semillas. Las semillas son pequeñas, ovaladas, uniformes y de color amarillo o castaño-amarillento.

2.3. Descripción de las variedades de interés en la investigación

En la figura 1 se muestra que esta variedad de la especie (*Solanum tuberosum spp. Andígena*) se caracteriza por sus flores azul morado con manchas y tubérculos redondos con ojos profundos, piel negra y pulpa blanco-crema. La planta tiene un crecimiento semi-erecto y un ciclo vegetativo largo de 150 a 180 días, prosperando a altitudes de 3500 a 4000 metros sobre el nivel del mar (IBTA, 1994). Según Cazasola (2016), esta especie contiene 1.21 mg de hierro y 0.35 mg de zinc por cada 100 gramos. El tubérculo se consume principalmente hervido o en puré.



- Forma del tubérculo redomada con ojos profundos
- Color de piel negro con manchas morados alrededor de los ojos
- Color de pulpa blanco crema
- Rendimiento 5,1 t/ha
- Ciclo del cultivo 150 a 180 días
- Zona de producción 3800 a 4100 msnm

Figura 1. Variedad Imilla Negra (IBTA, 1994)

En la figura 2 se puede observar la especie (*Solanum stenotomum*) se caracteriza por flores moradas con forma rotácea y tubérculos oblongos-alargados con ojos medianamente profundos. La piel del tubérculo es negra y la pulpa es de color crema con algunas manchas violetas. Tiene un crecimiento decumbente y un ciclo vegetativo tardío de 150 a 180 días, desarrollándose a altitudes de 3500 a 4000 metros sobre el nivel del mar. Su rendimiento es de 8 a 15 toneladas por hectárea y puede almacenarse durante 6 meses. Este tubérculo se consume principalmente hervido (IBTA, 1994).



- Forma del tubérculo redonda con ojos profundos
- Color de piel negro con manchas morados alrededor de los ojos
- Color de pulpa crema
- Rendimiento 8 a 15 t/ha
- Ciclo del cultivo 3800 a 4100 msnm

Figura 2. Variedad Pinta Boca (IBTA, 1994)

2.4. Fases fenológicas del cultivo de la papa

El ciclo fenológico del cultivo de papa se divide en cinco fases, desde la emergencia o brotación hasta la maduración y cosecha como se observa en la figura 3. La duración de este ciclo depende de la variedad y las condiciones agroclimáticas de cada región productiva (Vignola, Watler *et al.* 2017). El brotamiento de la semilla antes de la siembra es crucial para determinar el estado fisiológico del tubérculo-semilla en el momento de la plantación, lo que influye en el rendimiento y el período vegetativo del cultivo de papa (Hijmans y Spooner, 2002).

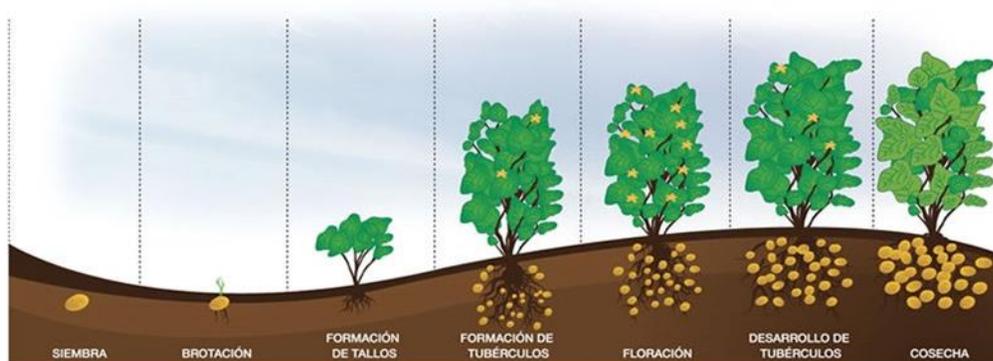


Figura 3. Etapas fenológicas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

Las etapas fenológicas del cultivo de la papa se resumen en:

a) Emergencia. Esto ocurre generalmente entre 30 y 40 días después de la siembra, dependiendo de la humedad y temperatura del suelo. Durante esta fase, la plántula se nutre de las reservas del tubérculo madre (Estrada, 2009).

b) Estolonización. Esto se observa cuando las yemas de los tallos subterráneos comienzan a crecer horizontalmente como ramificaciones laterales, aproximadamente entre 15 y 20 días después de la emergencia (Estrada, 2009). Los primeros tubérculos suelen desarrollarse en la base de los estolones y tienden a dominar sobre los que se forman posteriormente (Pardavé, 2004).

c) Inicio de la floración. Terrazas y Guidi (2005) definen esta fase como el momento en que la corola de la primera flor de la inflorescencia se abre completamente, lo cual suele suceder entre 20 y 25 días después de la emergencia. En el caso de las papas amargas, la floración comienza entre 35 y 55 días después.

d) Inicio de la tuberización. Esta fase se distingue por el ensanchamiento de la parte distal de los primeros estolones formados, ocurriendo entre 35 y 40 días después de la emergencia (Condori, 2005). En este punto, la planta alcanza su máximo desarrollo vegetativo, con el mayor índice de área foliar, y la mayoría de los carbohidratos se trasladan de las hojas a los órganos de reserva, lo que resulta en un crecimiento exponencial de los tubérculos (Ugarte y Iriarte, 2005).

e) Final de la floración. Condori (2005) describe esta etapa como el momento en que la última flor de la planta comienza a marchitarse y secarse, lo cual ocurre aproximadamente entre 55 y 85 días después de la emergencia.

f) Final de la tuberización. Esta fase ocurre entre 100 y 115 días después de la emergencia, cuando el último estolón de la planta comienza a engrosarse en su extremo distal. Es una etapa crucial, ya que de ella depende la uniformidad del tamaño de los tubérculos y la precocidad de la planta (Hijmans y Spooner, 2002).

g) Madurez fisiológica. Estrada (2009) indica que esta etapa se presenta aproximadamente entre 135 y 145 días después de la emergencia. Se caracteriza por el cambio de color de las hojas y la piel de los tubérculos, que se adhiere firmemente y no se desprende con una simple fricción. En esta fase, los tubérculos están maduros y ocurre la senescencia y abscisión de la parte aérea, señalando el inicio de la cosecha. En general, el periodo vegetativo de las papas dulces es de 160 a 175 días, mientras que en las papas amargas es de 170 a 180 días (Terrazas y Guidi, 2005).

2.4.1. Requerimientos edafológicos de cultivo

SIOVM (2002), señala que la papa puede crecer en diversos tipos de suelo, aunque prospera mejor en suelos arenosos con buen drenaje y estructura suelta, lo que facilita el crecimiento de raíces y tubérculos. También puede desarrollarse en suelos arcillosos, siempre que estos tengan abundante materia orgánica, buen drenaje y buena estructura. El pH óptimo del suelo para el cultivo de papa está entre 5.0 y 7.0. La papa es sensible a suelos compactados, por lo que la profundidad del suelo debe ser mayor a 30 cm para permitir el libre crecimiento de estolones y tubérculos.

Los requerimientos del cultivo de papas nativas, al igual que los de cualquier otro cultivo, incluyen una serie de factores que afectan su crecimiento, desarrollo y producción. A

continuación, se detallan los principales aspectos a considerar para el cultivo de papas nativas:

- a) **Tipo de suelo.** Las papas nativas prosperan en suelos bien drenados, sueltos y ricos en materia orgánica. Prefieren suelos con un pH ligeramente ácido a neutro, entre 5.0 y 7.0.
- b) **Textura del suelo.** Los suelos francos a franco-arenosos son óptimos para el cultivo de papas nativas, ya que favorecen el desarrollo del sistema radicular y facilitan la formación de tubérculos.
- c) **Fertilidad del suelo.** Es fundamental llevar a cabo análisis de suelo para identificar los niveles de nutrientes disponibles y aplicar las enmiendas necesarias según las necesidades específicas del cultivo.
- d) **Clima y temperatura.** Las papas nativas se adaptan a diversos climas, pero prefieren temperaturas moderadas para su crecimiento. La temperatura ideal para el desarrollo de las papas oscila entre 15°C y 20°C. La exposición a temperaturas altas puede causar estrés térmico y afectar el desarrollo de las plantas, mientras que las heladas pueden dañar los brotes y tubérculos.
- e) **Agua y riego.** Las papas nativas necesitan un suministro constante de agua durante todo su ciclo de crecimiento. Es importante mantener un nivel uniforme de humedad en el suelo para evitar el estrés hídrico, que podría afectar el desarrollo de los tubérculos. El riego debe gestionarse con cuidado para evitar el exceso de humedad, ya que esto puede provocar enfermedades como la pudrición de los tubérculos.
- f) **Variedades y semillas.** La elección de variedades de papas nativas adecuadas depende de factores como el clima, el tipo de suelo y las demandas del mercado. Es esencial utilizar semillas de alta calidad y libres de enfermedades para asegurar un buen establecimiento y desarrollo del cultivo.
- g) **Manejo de malezas, plagas y enfermedades.** El control de malezas es esencial para evitar la competencia por nutrientes, agua y luz solar. Se pueden emplear métodos mecánicos, químicos o culturales para su manejo. Las papas nativas son vulnerables a diversas plagas y enfermedades, como el escarabajo de la patata de Colorado y el mildiú veloso. El monitoreo regular y la implementación de prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades son cruciales para mantener la salud de los cultivos.

h) Fertilización y nutrición. El suministro adecuado de nutrientes es crucial para el crecimiento y desarrollo de las papas nativas. La fertilización debe basarse en análisis de suelo y en las necesidades específicas del cultivo en cada etapa de su crecimiento. Se pueden utilizar fertilizantes orgánicos e inorgánicos para satisfacer las demandas nutricionales del cultivo y mejorar la fertilidad del suelo.

Al tener en cuenta estos aspectos, los agricultores pueden optimizar las condiciones de cultivo y maximizar tanto el rendimiento como la calidad de las papas nativas. Prestar atención a estos requisitos es esencial para asegurar el éxito del cultivo y una producción sostenible a largo plazo SIOVM (2002),

2.4.2. Requerimientos nutricionales del cultivo

La cantidad de nutrientes necesarios varía según el rendimiento esperado del cultivo y las diferentes variedades, que tienen distintos requerimientos nutricionales y respuestas a los fertilizantes. Para producir 20 toneladas de tubérculos por hectárea, el cultivo de papa necesita aproximadamente 140 kg/ha de N, 39 kg/ha de P₂O₅, 190 kg/ha de K₂O, 2 kg/ha de Ca, 4 kg/ha de Mg y 6 kg/ha de S, entre los nutrientes principales (FAO, 2002).

2.4.3. Factores productivos que afectan al cultivo

Las papas nativas, al igual que otras variedades, pueden verse afectadas por factores bióticos y abióticos. Entre los factores bióticos se encuentran plagas y enfermedades como el gorgojo (*Premnotrypes spp.*), la polilla (*Paraschema detectendum*), el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y la verruga (*Synchytrium endobioticum*). Los factores abióticos incluyen heladas, sequías y granizo, que pueden impactar significativamente el rendimiento y la calidad de la semilla.

2.4.4. Labores culturales del cultivo

Muñoz y Cruz (1984), señalan que el aporque en el cultivo de papa tiene cuatro objetivos principales: proporcionar soporte a la planta, aflojar el suelo para evitar la pérdida de humedad, controlar las malezas e incorporar una capa de suelo para cubrir adecuadamente los estolones y mejorar la tuberización. El momento óptimo para realizar el aporque es entre 90 y 105 días después de la siembra. Entre las prácticas culturales importantes en el cultivo

de papa, los aporques altos son efectivos para controlar el gorgojo y la polilla de la papa, además de mejorar la aireación del suelo que rodea las raíces de las plantas.

2.5. Fertilización inorgánica

La fertilización inorgánica en el cultivo de papas nativas consiste en utilizar fertilizantes químicos sintéticos para aportar nutrientes esenciales a las plantas. Aunque las papas nativas se asocian más comúnmente con sistemas agrícolas tradicionales y orgánicos, algunos agricultores también pueden optar por usar fertilizantes inorgánicos para mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo (CIP, 2004).

2.6. Tipos de fertilizantes inorgánicos

a) **Urea.** La urea es un compuesto químico que puede tener diversos efectos en el cultivo de la papa, tanto positivos como negativos, dependiendo de cómo se aplique y en qué dosis. Es una fuente de nitrógeno de rápida absorción, un nutriente esencial para el crecimiento de la papa, especialmente en la formación de hojas y tubérculos. Un suministro adecuado de nitrógeno puede fomentar un crecimiento vegetativo saludable, beneficiando la producción de tubérculos. Sin embargo, el uso excesivo o incorrecto de urea puede causar contaminación ambiental, como la lixiviación de nitratos en cuerpos de agua y la emisión de óxidos de nitrógeno a la atmósfera. Por lo tanto, para maximizar los beneficios y minimizar los efectos negativos de la urea en el cultivo de la papa, es fundamental aplicarla en dosis adecuadas y en momentos oportunos durante el ciclo de crecimiento, teniendo en cuenta las condiciones específicas del suelo y las necesidades nutricionales de las plantas (Zeballos, 2007). El cuadro 1 muestra la ficha técnica del fertilizante.

Cuadro 1. Urea (Ficha técnica)

Composición:	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
Aspecto:	Gránulos blancos.
Solubilidad (aprox. a 20°C):	150 kg en 100 l de agua pura.
Nitrógeno total:	46%
Presentación:	Bolsas de polietileno de 50 kg
Uso	Fertilizante para aplicación directa al suelo y fertirriego.

Fuente: www.molinosycia.com (2023)

La urea mejora la estructura del suelo al incrementar la actividad microbiana, favoreciendo la formación de agregados y la retención de agua. Sin embargo, su uso excesivo puede acidificar el suelo, deteriorando su estructura a largo plazo. La hidrólisis de la urea produce amonio y bicarbonato, elevando inicialmente el pH del suelo. La nitrificación posterior del amonio a nitrato libera protones, acidificando el suelo con el tiempo. La urea también puede aumentar la conductividad eléctrica del suelo debido a la mayor concentración de iones, lo cual puede ser beneficioso hasta cierto punto, pero niveles altos pueden perjudicar el crecimiento de las plantas. Además, puede contribuir a la salinidad del suelo si no se maneja adecuadamente (Cabrera, 2007).

b) Fosfato diamónico. El fosfato diamónico (DAP) es un fertilizante compuesto principalmente por fosfato y nitrógeno, y tiene varios efectos en el cultivo de la papa. Es una fuente esencial de fósforo y nitrógeno para el crecimiento de las plantas. El fósforo es crucial para el desarrollo de raíces, la floración y la formación de tubérculos, mientras que el nitrógeno es fundamental para el crecimiento vegetativo y la formación de proteínas. Aplicaciones adecuadas de DAP pueden aumentar el rendimiento de la papa al mejorar el desarrollo de raíces y tubérculos, así como la calidad de estos. Un suministro adecuado de fósforo puede fortalecer la resistencia de las plantas de papa contra enfermedades y estrés biótico. El DAP tiene un efecto ligeramente ácido cuando se descompone, lo que puede influir en el pH del suelo. Esto puede ser beneficioso en suelos alcalinos, ayudando a ajustar el pH hacia valores más adecuados para el cultivo de la papa. Aunque el DAP es un fertilizante valioso, su aplicación debe gestionarse con cuidado para evitar efectos negativos como la contaminación por fósforo en el medio ambiente y desequilibrios nutricionales en el suelo (Zeballos, 2007). El cuadro 2 presenta la ficha técnica del fertilizante.

Cuadro 2. Fosfato diamónico (Ficha técnica)

Composición:	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Aspecto:	Gránulos opacos, oscuros, pardos, negros o grises
Solubilidad (aprox. a 20°C):	66 kg en 100 l de agua pura.
Nitrógeno (N):	18%
Fosforo (P_2O_5):	46%
Presentación:	Bolsas de polietileno de 50 kg
Uso:	Fertilizante para aplicación directa al suelo.

Fuente: www.molinosycia.com (2023)

c) Cloruro de potasio. El cloruro de potasio es un fertilizante que proporciona potasio, un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, incluida la papa. El potasio es vital para varios procesos fisiológicos, como la síntesis de carbohidratos, la regulación del balance hídrico y la resistencia al estrés. En el cultivo de la papa, el potasio es especialmente importante durante la formación y crecimiento de los tubérculos. Un suministro adecuado de potasio puede aumentar el rendimiento de la papa al promover un desarrollo saludable de los tubérculos y mejorar su calidad. Además, el potasio ayuda a las plantas a tolerar condiciones ambientales adversas como sequía, salinidad y temperaturas extremas. También puede fortalecer la resistencia de las plantas de papa contra enfermedades y plagas. Sin embargo, el cloruro de potasio, al contener cloruro, puede afectar el balance de iones en el suelo y en las plantas. En suelos sensibles a la acumulación de cloruros, el uso excesivo de cloruro de potasio puede ser perjudicial (ARGENPAPA, 2016). El cuadro 3 presenta la información técnica del fertilizante.

Cuadro 3. Cloruro de potasio (Ficha técnica)

Composición	KCl
Aspecto	Gránulos rojos y cristalinos.
Solubilidad (aprox. a 20°C)	32 kg en 100 l de agua pura.
Potasio (K ₂ O)	60%
Presentación	Estándar y granular bolsa de polietileno de 50 kg.
Uso	Fertilizante para aplicación directa al suelo.

Fuente: www.molinosycia.com (2023)

d) Blaukorn classic. Blaukorn Classic es un fertilizante ampliamente utilizado en la agricultura, especialmente en cultivos de papa. Este fertilizante es conocido por ofrecer una mezcla equilibrada de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, además de otros micronutrientes. Estos nutrientes son esenciales para el crecimiento saludable de las plantas de papa, ya que cada uno desempeña roles importantes en diferentes etapas de su ciclo de crecimiento. Gracias a su composición balanceada, Blaukorn Classic puede estimular el crecimiento vegetativo inicial de las plantas de papa, promoviendo un desarrollo vigoroso de hojas y tallos. El fósforo presente en Blaukorn Classic es crucial para el desarrollo de sistemas radiculares fuertes y la formación adecuada de tubérculos. Al proporcionar nutrientes esenciales de manera equilibrada, este fertilizante puede aumentar significativamente el rendimiento de los cultivos de papa y mejorar la

calidad de los tubérculos producidos. Un suministro adecuado de estos nutrientes puede fortalecer la resistencia de las plantas de papa contra enfermedades, plagas y estrés ambiental, contribuyendo a una producción más robusta (ARGENPAPA, 2016). El cuadro 4 presenta la información técnica del fertilizante.

Cuadro 4. Blaukorn Classic (Ficha técnica)

Aspecto	Gránulos de color azul.
Densidad aproximada	1150-1250 g/l
pH	5.0-5.5 (en 1:10 solución en agua.
Nitrógeno	12% (N amoniacal 7%, N nítrico 5%);
Fósforo	8% (soluble en agua 6,4%);
Potasio	16%; azufre 22,5% (soluble en agua 18%);
Magnesio	3% (soluble en agua 2,4%); boro 0,02%;
Hierro	0,06%; zinc 0,01%.

Fuente www.compo.expert.com. (2022)

2.7. Fertilización inorgánica

Los fertilizantes inorgánicos pueden ser aplicados al suelo antes de la siembra, durante la siembra (como fertilización de fondo) o durante el crecimiento de las plantas (mediante fertilización foliar o fertirrigación). La aplicación de estos fertilizantes debe estar basada en un análisis del suelo y en las necesidades específicas de nutrientes de las papas nativas en las distintas etapas de su crecimiento (Tapia, 1990).

Consideraciones importantes:

- **Dosis y frecuencia.** Es importante aplicar los fertilizantes inorgánicos en las dosis y frecuencias recomendadas para evitar la sobre-fertilización, que puede tener impactos negativos en el suelo y el medio ambiente.
- **Balance de nutrientes.** Además de NPK, otros nutrientes como calcio, magnesio, azufre y micronutrientes son igualmente importantes para el crecimiento saludable de las papas nativas. Es esencial mantener un equilibrio adecuado de nutrientes en el suelo.
- **Impacto ambiental.** El uso excesivo o inadecuado de fertilizantes inorgánicos puede contribuir a la contaminación del agua y del suelo, la pérdida de biodiversidad y otros problemas ambientales.

2.8. Rendimiento de papa en el departamento de La Paz

Según el BDP (2023), el rendimiento promedio del cultivo de papa en el departamento de La Paz es de 7,66 toneladas por hectárea.

2.9. Rendimiento del cultivo de papa en el altiplano norte de La Paz

El lago Titicaca, sagrado para los Incas y ubicado en el altiplano norte de Bolivia, es considerado la cuna de la papa. Los primeros agricultores de la región desarrollaron este cultivo, que hoy es un alimento básico en Bolivia (Iriarte et al., 2009). En el cuadro 6 se muestra como en el altiplano norte de Bolivia, los rendimientos de la papa son bajos y dependen de la tecnología utilizada, especialmente del uso de semilla certificada (BDP, 2023).

Cuadro 5. Superficie, producción y rendimiento de papa

ALTIPLANO NORTE	Superficie (ha)	Producción (T)	Rendimiento (TN/ha)
Puerto Carabuco	513,64	3.780,77	9,13
Copacabana	254,82	1757	8,41
Escoma	394,02	2.458,40	6,57
Viacha	5.131,49	16.262,71	5,38

Fuente: INE (2015)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

Este estudio se realizó en la localidad de San Jose de Tiahuanacu, perteneciente al Municipio de Escoma, en la Provincia de Eliodoro Camacho del departamento de La Paz. Se encuentra a 167 km al noroeste de la ciudad de La Paz, pasando por las localidades de El Alto, Palcoco, Batallas, Huarina, Achacachi, Ancoraimes y Carabuco, a aproximadamente 3 horas de viaje desde la sede de gobierno, en la figura 4 se muestra la localización del lugar donde se realizó la investigación. La elevación de San José es de 3835 metros sobre el nivel del mar, y sus coordenadas geográficas son 15°37'00" de latitud sur y 69°09'00" de longitud oeste (INE, 2019).



Figura 4. Imagen satelital comunidad San Jose de Tiahuanacu Municipio de Escoma. Fuente: (Google maps, 2023)

3.1.2. Características Edafoclimáticas

3.1.3. Clima

La región tiene un clima frío durante todo el año, con grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche. La temperatura media anual es de 9 °C, con mínimas promedio de -5 °C y máximas promedio de 20 °C. La precipitación anual promedio es de 720 mm (SENAMHI, 2016).

3.1.4. Suelo

Los suelos de la comunidad se distinguen por ser rocosos, pedregosos y arenosos en las laderas de las montañas, y franco arcilloso en las pampas, que son las principales áreas de producción agrícola. Generalmente, estos suelos son profundos en toda la comunidad y tienen una capa superficial de suelo oscuro (PEDECO, 2007).

3.1.5. Flora

En la zona de estudio, se encuentra la sicuya (*Stipa ichu*), una variedad de paja muy común en el norte, utilizada para techado de casas. También se encuentran paja brava, tola, yareta, entre otras. Su presencia está disminuyendo gradualmente y casi en desaparición, desarrollándose en planicies y laderas. Es consumida por ganado bovino y ovino, especialmente cuando los brotes son tiernos. Los principales cultivos de la zona incluyen papa, cebada, haba, cebolla y avena (PEDECO, 2007).

3.2. Materiales

3.2.1. Material vegetal

- Imilla Negra
- Pinta Boca

3.2.2. Insumos

En la investigación se emplearon fertilizantes inorgánicos como suplementos de evaluación, entre ellos urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y Blaukorn, aplicados a lo largo del ciclo fenológico del cultivo, según se detalla en el cuadro siguiente.

Cuadro 6. Aplicación de los fertilizantes inorgánicos

Nro.	Número de aplicaciones	
	1ra. Aplicación	2da. Aplicación
1	Urea + FDA + Cloruro de potasio + Blaunkorn Classic al 50%	Urea + FDA + Cloruro de potasio + Blaunkorn Classic al 50%
	Urea + FDA + Cloruro de potasio + Blaunkorn Classic al 75%	Urea + FDA + Cloruro de potasio + Blaunkorn Classic al 75%
	Urea + FDA + Cloruro de potasio + Blaunkorn Classic al 100%	Urea + FDA + Cloruro de potasio + Blaunkorn Classic al 100%
2		
	40 días	55 días

3.2.3. Material de escritorio

- Libreta de campo
- Material bibliográfico
- Equipo de computación
- Impresora
- Tijera
- USB

3.2.4. Material de campo

- Balanza de precisión
- Cámara fotográfica
- Planillas de registro

- Estacas
- Cinta métrica
- Picota
- Chuntilla
- Bolsas plásticas
- Estilete
- Sacos de yutes
- Marbetes
- Estilete
- Alambre

3.3. Metodología

3.3.1. Desarrollo del ensayo

3.3.1.1. Selección e identificación del terreno

Se seleccionó un terreno en la comunidad de San Jose, utilizando un área rectangular de 810.75 m². Con la colaboración de HELVETAS Swiss Intercooperation, se eligió un suelo que había estado en descanso durante 6 a 7 años.

3.3.1.2. Muestreo del suelo

Se realizó un muestreo de suelo en la capa arable para determinar sus condiciones físicas y químicas. Se tomaron 6 muestras a una profundidad de 15 a 20 cm, siguiendo un patrón en zigzag a lo largo de todo el terreno. Este método es el más adecuado para el muestreo de suelos. Posteriormente, se realizó el cuarteo de la mezcla para obtener una sola muestra representativa de toda la superficie, de la cual se tomó 1 kg de suelo. Finalmente, la muestra fue enviada al laboratorio LABSAS PRO, bajo la supervisión del Ing. Víctor Paye Huaranca,

para su análisis. La muestra de suelo se tomó antes de establecer el cultivo, con el fin de tener los resultados antes de la siembra (Anexo 1).

3.3.1.3. Recolección de información climática temperatura y precipitación

Para recopilar información climática, se instaló un termohigrómetro USB para registrar las temperaturas máximas y mínimas, y un pluviómetro para medir la precipitación. Las lecturas se realizaron diariamente y se registraron en planillas desde diciembre hasta mayo del ciclo agrícola 2022-2023.

3.3.1.4. Delimitación del sitio experimental

Se delimitaron los bloques y las parcelas utilizando estacas de madera y lienza, siguiendo las dimensiones establecidas en el croquis del ensayo (Anexo 2).

3.3.1.5. Preparación del terreno

El terreno designado para la investigación en la gestión agrícola 2022-2023 fue preparado en abril de 2022, aprovechando las últimas lluvias del ciclo y la humedad del suelo. Se utilizó un tractor con arado de disco para roturar el suelo hasta una profundidad de 30 cm, seguido de rastrillado, mullido y nivelado del terreno (Anexo 3).

3.3.1.6. Siembra

La actividad se llevó a cabo el 5 de diciembre de 2022, en las primeras horas de la mañana, utilizando un tractor agrícola local. Se estableció una distancia entre surcos de 0,75 m y una distancia entre plantas de 30 cm, a una profundidad de 20 cm. Todas las familias de la comunidad participaron en esta actividad (Anexo 4).

3.3.1.7. Dosificación de fertilizantes

La dosificación de los fertilizantes, que incluye urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y Blaukorn, se realizó mezclando estos compuestos y aplicando las dosis especificadas en el cuadro 7.

Cuadro 7. Dosificación de fertilizantes

Niveles de aplicación %	50%	75%	100%
FERTILIZANTES	(kg)		
Urea	2,16	3,24	4,32
Fosfato diamónico	1,16	1,74	2,33
Cloruro de potasio	3,04	4,56	6,08
Blaukorn Classic	1,31	1,97	2,63

3.3.1.8. Suelo, disponibilidad de N P K expresados en kilogramos

La disponibilidad de macronutrientes NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) en los suelos del altiplano boliviano varía considerablemente debido a factores como la erosión, la salinización y las prácticas agrícolas locales. En el análisis de suelo realizado en la comunidad de San José, se observaron niveles bajos de estos nutrientes. El contenido de nitrógeno disponible fue de apenas 0,5%, indicando una deficiencia significativa. La disponibilidad de fósforo fue de 1,4 ppm, también clasificada como deficiente. En cuanto al potasio, su concentración en el suelo fue de 0,5 ppm, reflejando un nivel bajo de este nutriente esencial (Cálculo de disponibilidad de los nutrientes Anexo 11).

3.3.1.9. Requerimiento N P K por la planta expresada en kilogramos (Imilla Negra y Pinta Boca)

Las variedades de papa nativa, como Imilla Negra y Pinta Boca, presentan requerimientos específicos de nutrientes NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) para asegurar un crecimiento óptimo. Si bien estos requerimientos pueden variar dependiendo de las condiciones del suelo y el clima, es fundamental proporcionar niveles adecuados de estos macronutrientes. El nitrógeno es esencial para el desarrollo vegetativo, promoviendo un crecimiento saludable de las hojas, mientras que el fósforo contribuye a la formación de raíces y tubérculos. El potasio, por su parte, mejora la resistencia a enfermedades y regula el equilibrio hídrico de la planta. Un manejo adecuado de estos nutrientes es clave para maximizar el rendimiento y la calidad de estas variedades tradicionales.

Imilla Negra: Nitrógeno (N): Aproximadamente 120-150 kg/ha.

Fósforo (P_2O_5): Alrededor de 60-80 kg/ha.

Potasio (K_2O): Entre 150-200 kg/ha.

Pinta Boca: Nitrógeno (N): Aproximadamente 100-130 kg/ha.

Fósforo (P_2O_5): Alrededor de 50-70 kg/ha.

Potasio (K_2O): Entre 140-180 kg/ha.

3.3.1.10. Disponibilidad de N P K por parte de los fertilizantes químicos

- Nitrógeno disponible 106,6 kg/ha
- Fosforo disponible 57,64 kg/ha
- Potasio disponible 150 kg/ha

3.3.1.11. Dosificación de nitrógeno fósforo y potasio

Cuadro 8. Requerimiento de fertilizantes en la parcela de investigación

Niveles de aplicación %	Fórmula de abonamiento (recomendación análisis de suelo)	Fórmula de abonamiento (recomendación análisis de suelo)	Superficie aplicado de acuerdo a croquis de tesis (con fertilizantes)	Superficie aplicado de acuerdo a croquis de tesis (sin fertilizantes)	Dosis Tesis		
					50%	75%	100%
FERTILIZANTES (kg)	Kg/ha	1000m ²	325 m ²	325 m ²	kg	kg	kg
Urea	148	10,66	4,32	0	2,16	3,24	4,32
Fosfato diamónico	94	5,76	2,33	0	1,16	1,74	2,33
Cloruro de potasio	202	15,00	6,08	0	3,04	4,56	6,08
Blaukorn Classic	180	6,48	2,63	0	1,31	1,97	2,63

3.3.1.12. Aplicación de fertilizantes

El experimento comenzó con la primera aplicación de fertilizantes en el cultivo de papa, utilizando diferentes niveles (0%, 50%, 75% y 100%). Los bloques y variedades fueron previamente identificados y marcados con estacas para facilitar su reconocimiento. Los fertilizantes se añadieron directamente al suelo, formando un círculo alrededor de cada planta, luego se cubrieron con el mismo suelo y se regaron para mantener la humedad del sustrato (Anexo 5).

3.3.1.13. Marbeteado de las plantas

Después de aplicar el fertilizante, se etiquetaron los plantines para registrar datos. Las etiquetas, de 3 cm por lado, se ataron en la parte superior de las ramas para que fueran visibles y fáciles de identificar (Anexo 6).

3.3.1.14. Labores culturales

Para asegurar un buen manejo del cultivo, se llevaron a cabo las labores culturales necesarias, como el aporque y el deshierbe de toda la maleza presente en la parcela (Anexo 7).

3.3.1.15. Cosecha del cultivo

Al finalizar el ciclo fenológico de la papa, se llevó a cabo la cosecha y la evaluación del rendimiento obtenido en la investigación, con la participación de todas las familias de la comunidad en esta actividad (Anexo 8).

3.3.2. Diseño experimental

Para la presente investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con arreglo en franjas, con 3 tratamientos resultantes de la interacción entre las variedades pinta boca y variedad imilla negra con tres repeticiones por bloque. El modelo estadístico empleado será el siguiente (Ochoa, 2009).

El modelo lineal para el diseño en franjas fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \epsilon_{ik} + y_j + \epsilon_{jk} + \alpha_y ij + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

- Y_{ijk} = Es una observación cualquiera de la variable de respuesta
 μ = Media poblacional
 β_k = Efecto del k – ésimo bloque
 α_i = Efecto del i - ésimo nivel del factor A
 ϵ_{ik} = Error experimental de la parcela mayor (Ea)
 y_j = Efecto del j - ésimo nivel del factor B
 ϵ_{jk} = Error experimental de la parcela mayor (Eb)
 α_{ij} = Efecto del i-ésimo nivel del factor A, por el j-ésimo nivel del factor B
 (interacción AxB)
 E_{ijk} = Error experimental de la parcela (Error b)

3.3.3. Factores de estudio

Factor A: Niveles de fertilizantes

Fertilizantes	F1	F2	F3	F4
	Testigo	50%	75%	100%
Urea	0	2,16 kg	3,24 kg	4,32 kg
Fosfato di amónico	0	1,16 kg	1,74 kg	2,33 kg
Cloruro de potasio	0	3,04 kg	4,56 kg	6,08 kg
Blaukorn Classic	0	1,31 kg	1,97 kg	2,63 kg

Factor B: Variedades

b_1 = Imilla Negra

b_2 = Pinta Boca

3.3.3.1. Formulación de tratamientos

T_1 = a_1b_1 testigo (Imilla Negra)

T_2 = a_1b_2 testigo (Pinta Boca)

$T_3 = a_2b_1$ fertilizante (2.16kg urea, 1.16kg fosfato diamónico, 3.04kg cloruro de potasio, 1.31kg blaukom)

$T_4 = a_2b_2$ fertilizante (2.16kg urea, 1.16kg fosfato diamónico, 3.04kg cloruro de potasio, 1.31kg blaukom)

$T_5 = a_3b_1$ fertilizante (3.24kg urea, 1.74kg fosfato diamónico, 4.56kg cloruro de potasio, 1.97kg blaukom)

$T_6 = a_3b_2$ fertilizante (3.24kg urea, 1.74kg fosfato diamónico, 4.56kg cloruro de potasio, 1.97kg blaukom)

$T_5 = a_4b_1$ fertilizante (4.32kg urea, 2.33kg fosfato diamónico, 6.08kg cloruro de potasio, 2.63kg blaukom)

$T_6 = a_4b_2$ fertilizante (4.32kg urea, 2.33kg fosfato diamónico, 6.08kg cloruro de potasio, 2.63kg blaukom)

3.3.4. Variables de respuesta

3.3.4.1. Variables edáficas

Para analizar las propiedades físicas y químicas del suelo y del agua, se tomaron muestras de suelo de la parcela de investigación, las cuales fueron enviadas al laboratorio para su análisis correspondiente.

a) Análisis físico de suelo

Para analizar las propiedades físicas del suelo, se tomaron muestras antes de la siembra, con el fin de realizar un análisis de textura.

b) Análisis químico del suelo

Para analizar las propiedades químicas del suelo, se tomaron muestras antes de la siembra, con el fin de realizar el análisis correspondiente.

3.3.4.2. Recolección de información climática

Para recopilar información climática, se instaló un termómetro para registrar las temperaturas máximas y mínimas, y un pluviómetro para medir la precipitación, con lecturas diarias registradas en planillas desde diciembre hasta mayo de la gestión agrícola 2022-2023.

3.3.4.3. Variables Agronómicas

a) Días de emergencia

Se determinó mediante observación directa, considerando el número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las plántulas emergieron en la parcela de estudio, a partir de los 20 días después de la siembra.

b) Altura de la planta

La altura de la planta se midió en centímetros desde la base del tallo principal hasta la última inserción de hoja apical, utilizando un flexómetro, en plantas seleccionadas aleatoriamente en la parcela.

c) Diámetro del follaje

La evaluación de esta variable se realizó con la ayuda de una regla y los datos serán tomados cuando el cultivo presente el mayor desarrollo foliar. Estos datos serán recabados en centímetros. La evaluación de esta variable se realizó con una regla, tomando los datos en centímetros cuando el cultivo alcanzó su mayor desarrollo foliar.

d) Número de tallos

Se determinó el número de tallos aéreos por tubérculo en la parcela de investigación con 96 plantas, contabilizando los tallos principales cuando las plantas alcanzaron una altura de 15 cm. El número de tallos aéreos por planta se calculó dividiendo el total de tallos aéreos por tubérculo entre el total de plantas muestreadas.

e) Número de botones florales

Este dato se recopiló porque está estrechamente relacionado con el rendimiento final. Cada variedad presentará grandes diferencias individuales que se detallarán mediante análisis estadísticos.

f) Número de tubérculos por planta

Se realizó un conteo del número total de tubérculos presentes en cuatro plantas seleccionadas aleatoriamente por bloques.

g) Rendimiento

El rendimiento de tubérculos se evaluó después de la cosecha, considerando un área de 4,5 metros cuadrados (3 m x 1,5 m) en cada unidad experimental. Con estas muestras, se determinó el rendimiento total de tubérculos en t/ha al momento de la cosecha, cuando la planta alcanzó su madurez.

h) Incidencia y severidad del tubérculo

La incidencia y severidad en los tubérculos se evaluaron después de la cosecha en cada unidad experimental según los tratamientos. Para ello, se tomaron al azar 10 tubérculos y se evaluó visualmente la incidencia y severidad del ataque de plagas.

i) Relación beneficio/costo

Este estudio se realizó con el método de evaluación económica propuesto por el CIMMYT (1998). La relación beneficio/costo se calcula dividiendo el total de ingresos entre el total de egresos, utilizando la siguiente fórmula: $R = B/C$

Dónde:

R = Relación

B = Beneficio (Ingreso)

C = Costo (Egreso)

3.3.5. Análisis estadístico

3.3.5.1. Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza para un diseño de bloques completamente al azar con arreglo en franjas.

3.3.5.2. Análisis de medias

En caso de encontrar diferencias en el análisis de varianza, se realizó la prueba de medias de Duncan con un nivel de significancia del 5%. Para el análisis estadístico, se utilizó el programa InfoStat versión estudiantil.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables edáficas

4.1.1. Análisis físico del suelo

Los resultados promedio del análisis de la textura del suelo se presentan en la Figura 5.

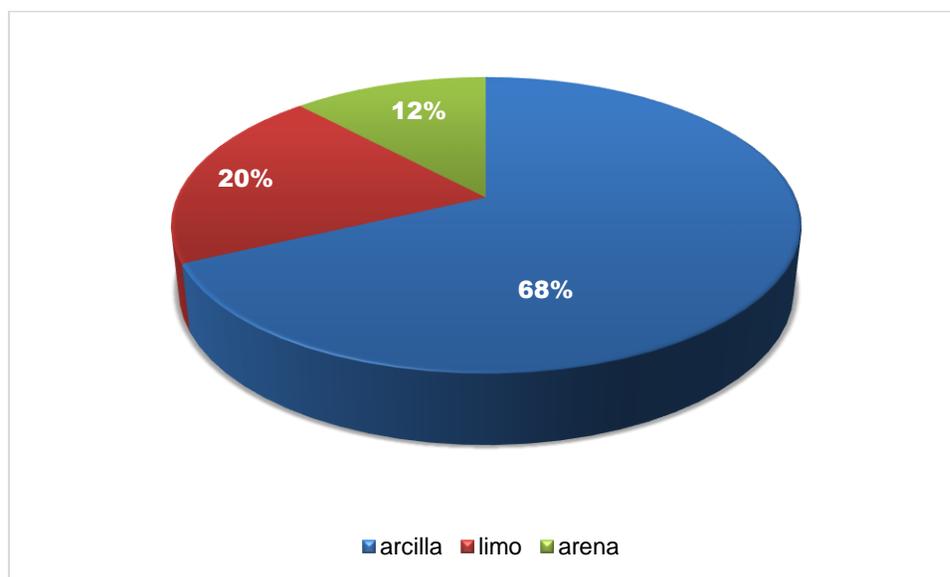


Figura 5. Análisis de la textura del suelo, comunidad San Jose de Tiahuanacu

En la Figura 5 se presenta los resultados del análisis de la textura del suelo, el cual revela una composición arcillosa con un 68% de arcilla, 20% de limo y 12% de arena. Se puede observar que un suelo arcilloso es beneficioso para la retención de agua y el movimiento del aire. Esta combinación de texturas puede influir en la calidad del suelo y su capacidad para retener agua, drenar y apoyar el crecimiento de las plantas. Un suelo arcilloso retiene mejor el agua que uno arenoso, aunque puede presentar problemas de drenaje si hay un exceso de arcilla. El limo contribuye a mejorar la estructura del suelo y tiene la capacidad de retener agua y nutrientes. Estos resultados indican que se pueden obtener buenos rendimientos, ya que permiten un buen desarrollo de las raíces en la planta de papa.

Al respecto Conti (2005), las propiedades físicas del suelo favorecen la agregación y estructuración, aumentan la retención hídrica y equilibran el sistema poroso (aumentando la mesoporosidad en suelos arcillosos y la microporosidad en suelos arenosos). Además, modifican el régimen térmico al incrementar la absorción de energía radiante del suelo,

disminuyendo su albedo y atenuando las fluctuaciones de temperatura debido a su mayor calor específico en comparación con la fracción inorgánica. Estas mejoras en la agregación también tienen un efecto antierosivo.

4.1.2. Análisis químico del suelo

En el cuadro 9, se muestra los resultados obtenidos sobre el análisis de las propiedades químicas del suelo realizada en la comunidad de San Jose de Tiahuanacu.

Cuadro 9. Requerimiento de fertilizantes en la parcela de investigación

Resultados del análisis del suelo		
PH	7,77	Ligeramente alcalino
C.E. dS/m	0,84	No salino
M.O. (%)	0,1	Bajo
Fósforo (p.p.m.)	1,4	Bajo
Aluminio (meq/100g)	0,00	No hay problema
Potasio (p.p.m.)	0,5	Bajo
Nitrógeno (%)	0,5	Alto
Magnesio (p.p.m.)	0,1	Bajo
Sodio (p.p.m.)	0,08	Nivel normal
Bases totales	0,45	Muy bajo
C.I.C.(meq/100g)	0,45	&

Los resultados obtenidos de las propiedades químicas mostraron que el pH era ligeramente alcalino, la conductividad eléctrica indicaba que no había salinidad, y los niveles de materia orgánica, fósforo y potasio eran muy bajos. Sin embargo, el contenido de nitrógeno era alto, lo que podría provocar un crecimiento acelerado de las hojas en la planta.

Al respecto, Bohorquez (2001), indica que la baja proporción de sales, contribuye a que no exista aumento del pH y de la presión osmótica en la solución del suelo, favoreciendo así la actividad de los microorganismos y la normal absorción de agua al interior de las plantas. Por otro lado López (1998) añade que al existir baja proporción de sales evitan los efectos tóxicos de los iones como el cloruro (Cl^-), el bicarbonato (CO_3H^-), el carbonato (CO_3) y el sodio (Na^+), ya que estos no se encuentran en exceso. El contenido y calidad de materia orgánica, depende del tipo de suelo, su manejo agronómico, el tipo de vegetación y las características climáticas (Borie y Rubio, 1990).

Al respecto Heredia (2005), señala que, a mayor riqueza de fósforo en el material original, dependiendo de las condiciones de meteorización de la región, mayor será la disponibilidad de este nutriente en el suelo.

4.2. Condición medio ambiental

4.3. Temperaturas

La figura 6 muestra el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas. Durante el periodo de investigación, la temperatura máxima ambiente alcanzó los 28°C en la tercera semana de enero, mientras que la mínima fue de -1,5°C en la última semana de mayo. Estas condiciones resultaron favorables para el desarrollo del cultivo de papa.

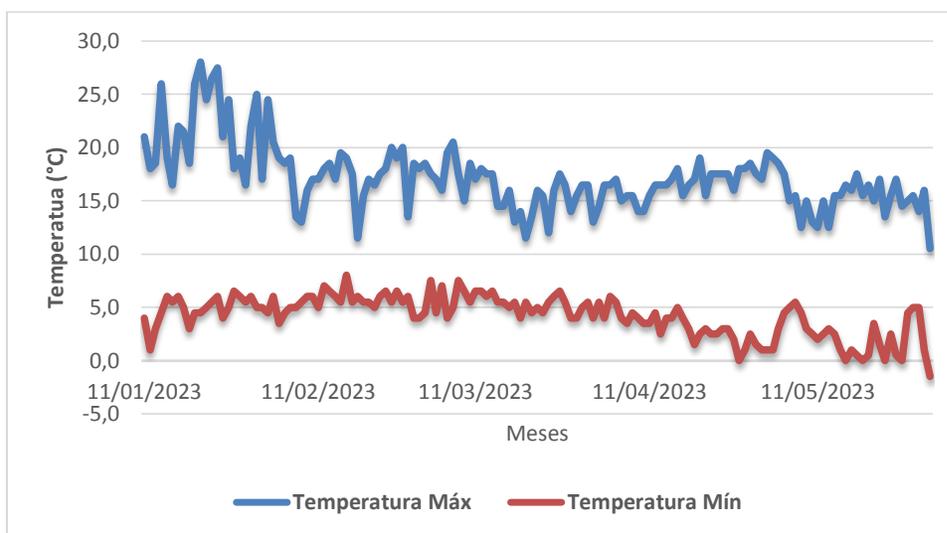


Figura 6. Comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas

El mayor rendimiento de papa se produce en temperaturas diurnas de 20°C a 25°C y nocturnas de 10°C a 16°C, pero cuando las temperaturas son constantes la producción no es óptima (Romero, 2003). Aunque hay diferencias de requerimientos térmicos según la variedad, podemos generalizar, que temperaturas máximas o diurnas de 20°C a 25°C y mínimas o nocturnas de 8°C a 13°C, son excelentes para una buena tuberización. La temperatura media óptima para la tuberización es de 20°C (Pardave, 2004).

4.4. Precipitación pluvial

La figura 7 ilustra el comportamiento de la precipitación durante los meses evaluados. Se registró una precipitación total de 229,8 mm desde enero hasta mayo de 2023. La precipitación fue variable a lo largo del periodo de seguimiento; en abril, apenas se registraron 0,5 mm, mientras que enero fue el mes más lluvioso con 2,5 mm. En general, las precipitaciones fueron regulares, acumulando un total de 229,8 mm. Por lo tanto, se puede concluir que la precipitación juega un papel crucial en las diferentes fases fenológicas del cultivo.

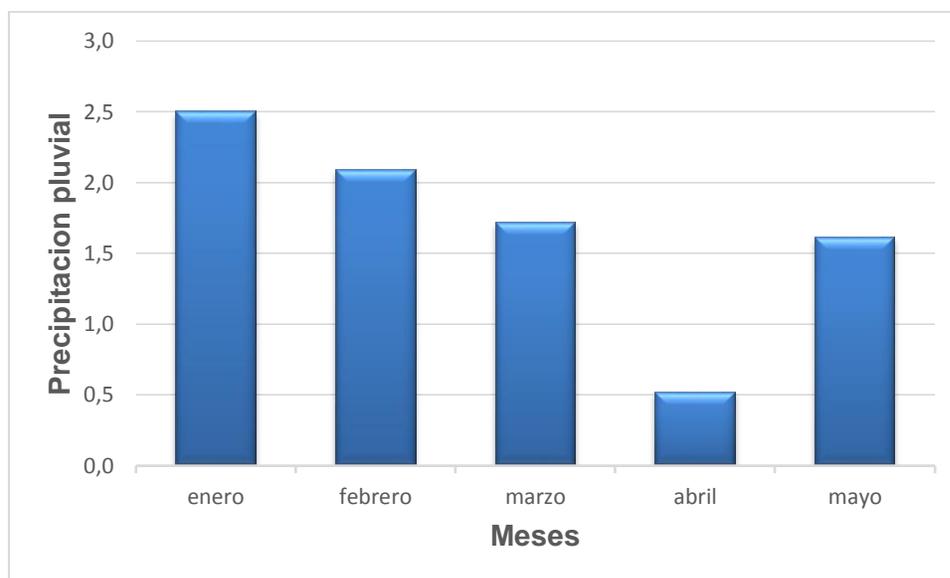


Figura 7. Comportamiento de la precipitación pluvial

El cultivo de papa requiere de 400 a 800 mm de agua durante su ciclo vegetativo (Haverkort, 2000). Se ha comprobado que el desarrollo de este cultivo es apropiado cuando las precipitaciones fluctúan alrededor de 700 mm (Tapia, 1990). Se cultiva predominantemente bajo riego, sin embargo, puede prosperar en temporal, siempre que las temperaturas sean adecuadas y que la precipitación esté bien distribuida durante el ciclo del cultivo (Benacchio, 1982).

4.5. Variables agronómicas del cultivo

4.6. Días a la emergencia

La figura 8 muestra la dinámica de emergencia de las dos variedades, donde se puede observar el número de plantas que emergieron durante las primeras semanas de evaluación. También se encontró que, a los 52 días después de la siembra (DDS), las diferencias en los promedios eran mínimas, alcanzando valores numéricos similares. A los 59 DDS, las dos variedades mostraron resultados numéricos similares.

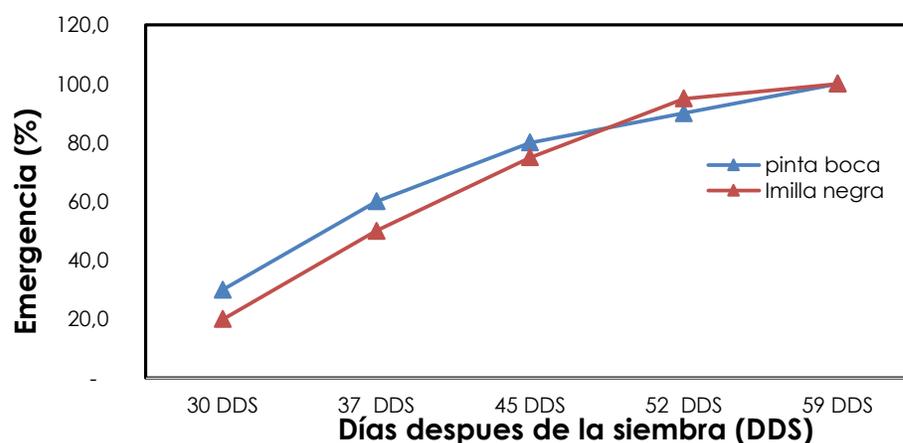


Figura 8. Dinámica de porcentaje de emergencia de las variedades Imilla negra y Pinta boca

4.7. Altura de la planta

El cuadro 10, presenta el análisis de varianza (ANOVA) de la altura de las plantas con la incorporación de fertilizantes, mostrando un coeficiente de variación del 4,54%. Esto indica que los datos del análisis estadístico son confiables.

Cuadro 10. Análisis de la Varianza para la variable altura de la planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	SIG.
Bloque	11,26	2	5,63	0,29	0,7549	ns
Fertilizantes	9,72	3	3,24	0,17	0,9131	ns
Variedad	7,04	1	7,04	0,47	0,5627	ns
Fertilizantes*Variedad	12,27	3	4,09	1,53	0,3014	ns
Error	16,09	6	2,68			
Total	200,74	23				

NS: $p < 0,05$

El análisis del factor bloque indica que no hay un efecto significativo en la variable de altura de la planta, ya que el valor p (0.7549) es mayor que el nivel de significancia (0.05).

En cuanto al resultado de los niveles de fertilizantes (factor A), el valor p (0.9131) indica que no hay diferencia entre los diferentes fertilizantes y en sus niveles aplicados. El resultado para las variedades (factor B), el resultado indica que el valor p (0.5627) muestra que no hay una diferencia significativa entre las variedades de papa nativa en la variable altura de planta. El resultado de la interacción de los dos factores (Fertilizantes*Variedad), los resultados obtenidos dicen que el valor p (0.3014) indica que no hay una interacción significativa entre los factores. En cuanto a los niveles de fertilizantes (factor A), el valor p (0.9131) sugiere que no hay diferencias significativas entre los distintos fertilizantes y sus niveles aplicados. Para las variedades (factor B), el valor p (0.5627) indica que no hay una diferencia significativa en la altura de las plantas entre las variedades de papa nativa. En cuanto a la interacción entre los dos factores (Fertilizantes*Variedad), el valor p (0.3014) muestra que no hay una interacción significativa entre ellos. De acuerdo con los resultados, ninguno de los factores (bloque, fertilizantes con sus niveles y variedades) parece influir significativamente en la altura de la planta. El análisis no detectó diferencias estadísticamente significativas.

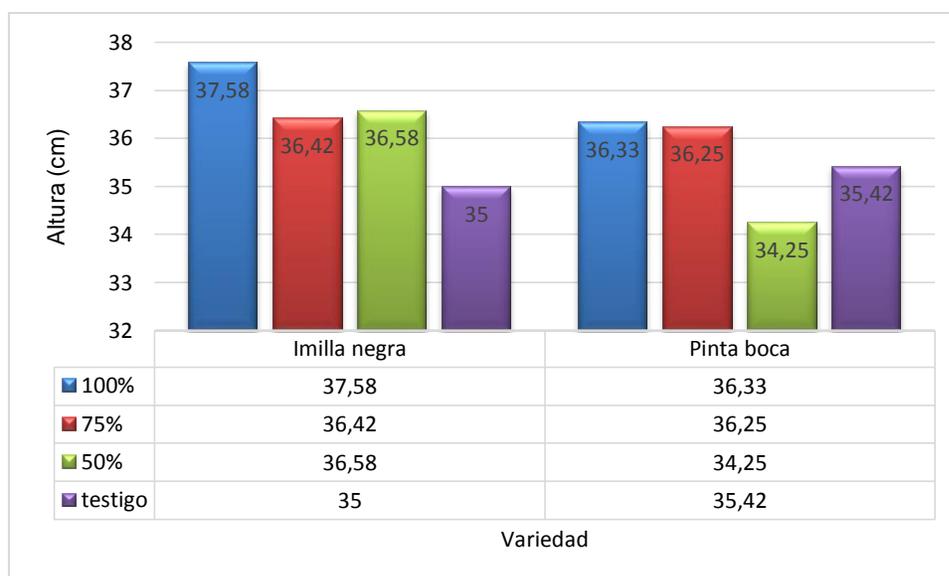


Figura 9. Altura de planta, bajo tres niveles de aplicación de fertilizantes

En la Figura 9, la aplicación de fertilizantes y en diferentes niveles (urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y Blaukorn Classic) no tuvo el efecto esperado en la altura de las plantas. Se esperaba un aumento en la altura debido al alto contenido de nitrógeno, esencial para el crecimiento vegetativo. Además, el nitrógeno puede incrementar el contenido de clorofila en las hojas, mejorando la fotosíntesis y, por ende, el crecimiento de la planta. Es determinante para la formación de ADN, ARN y ATP, lo que facilita la división celular y el desarrollo de tejidos, fundamentales para la fotosíntesis y la síntesis de proteínas. Esto contribuye a un crecimiento saludable y a una mayor resistencia a enfermedades y plagas, además de promover el desarrollo de raíces y el fortalecimiento de la planta. El uso de fertilizantes combinados en el cultivo de papa no fue ideal debido a la falta de una precipitación pluvial regular durante el ciclo del cultivo. Esto sugiere que el suelo debe tener un contenido de materia orgánica inferior al 2% para permitir un buen almacenamiento. Sin estos requisitos, los fertilizantes combinados aplicados no muestran sus efectos, como se observa en la variable actual.

AL respecto Condori (2003) obtuvo alturas de 76,69 cm para Sani imilla y 57.98 cm para Waych'a paceña con riego y fertilización química (80-120-00 kg de Urea-FDA) donde las diferencias en altura las atribuyo al carácter genético debido al porte erecto de Sani imilla respecto a un porte mediano de Waych'a. Asi mismo Corina (2011) adquirió diferencias en altura planta debido a la incorporación de los bioinsumos orgánicos, muestran alturas similares entre Biofert y Tricoderma de 30,32 cm y 31,67 cm, Fertitrap soluble y Fertitrap solido con un promedio de 30,80 cm y 30,93 cm respectivamente. Los resultados encontrados probablemente se dieron por la incorporación de enmiendas orgánicas como los bioinsumos en combinación con el estiércol de ovino.

4.8. Diámetro del follaje

En el cuadro 11, nos muestra el Análisis de Varianza (ANOVA), los resultados obtenidos fueron para efectos del bloque, fertilizantes, variedad y la interacción entre fertilizantes y variedad, mostrando un coeficiente de variación del 5,11 %. Esto indica que los datos del análisis estadístico son confiables.

Cuadro 11. Análisis de la Varianza para la variable diámetro del follaje de la planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	SIG.
Bloque	7,8	2	3,9	0,05	0,9557	ns
Fertilizantes	30,05	3	10,02	0,12	0,9467	ns
Variedad	53,25	1	53,25	1,45	0,3519	ns
Fertilizantes*Variedad	16,09	3	5,36	0,97	0,4679	ns
Error	33,34	6	5,56			
Total	726,98	23				

NS: $p < 0,05$

En cuanto al efecto del bloque, se determinó que no es significativo, ya que el valor $p=0.9557$ es mucho mayor que el nivel de significancia de 0.05. Esto indica que no hay una diferencia significativa entre los bloques en la variable diámetro del follaje. En relación con el efecto de los fertilizantes, el valor $p=0.9467$ indica que no hay diferencias significativas entre los distintos niveles de fertilización en cuanto al ancho del follaje. De manera similar, el valor $p=0.3519$ para las variedades también sugiere que no existen diferencias significativas entre las diversas variedades de papa nativa en esta variable. En cuanto a la interacción entre los factores de fertilización y variedad, el valor $p=0.4679$ muestra que no hay una interacción significativa entre estos dos factores en la variable estudiada. Finalmente, el coeficiente de variación del 5,11% indica que los datos son homogéneos y, por lo tanto, muy confiables.

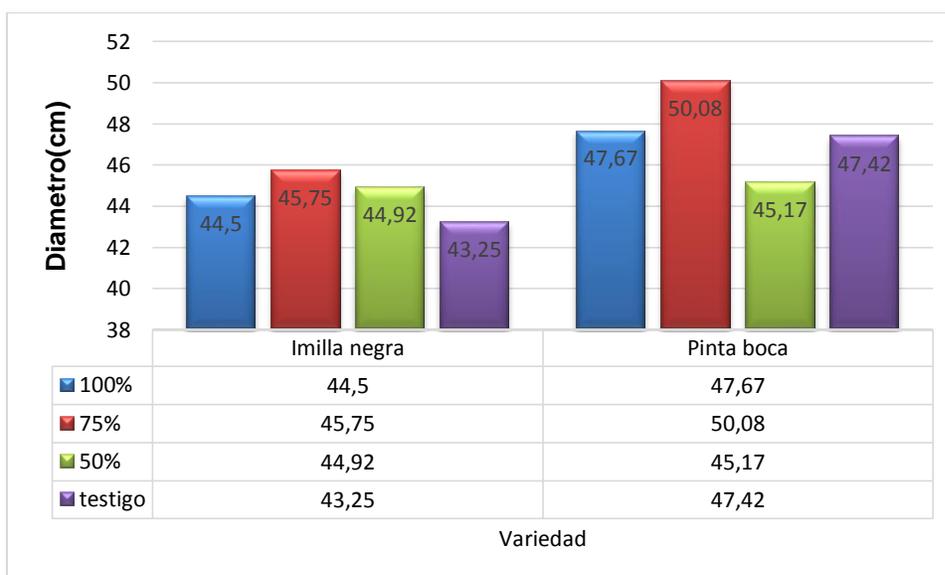


Figura 10. Diámetro del follaje de la planta bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes

En la Figura 10, la aplicación de diferentes niveles de fertilizantes inorgánicos combinados (urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y blaukorn classic) no mostró un efecto significativo en el aumento del diámetro foliar. Estos elementos contribuyen al desarrollo de hojas más saludables debido a su contenido de fósforo y nitrógeno, favorecen el desarrollo de las raíces, ayudan a las plantas a manejar mejor el estrés hídrico y promueven un crecimiento uniforme.

Se estima que la falta de significancia en los resultados obtenidos con la aplicación de diferentes niveles de fertilizantes en relación con el diámetro del follaje puede deberse a las condiciones ambientales durante el periodo de investigación de campo, como la insuficiente precipitación entre diciembre de 2022 y abril de 2023. Además, se considera que la condición edafológica no respondió a la aplicación de los diferentes niveles de fertilizantes debido a la falta de agua.

Al respecto Tangara (2010), menciona en el grupo de fertilización: Estiércol combinado con el biofertilizante (Biofert); con la alternativa estiércol vacuno + Biofert se logró mayor cobertura foliar (CF) en las localidades de Kellhuiri y Vinto Coopani; en cambio en la localidad de San Juan Circa, la mejor CF se dio con la alternativa Estiércol ovino + Biofert.

4.9. Número de tallos

El análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de tallos por planta, con un coeficiente de variación del 24,04% según el cuadro 12, examinó los efectos del bloque, los fertilizantes, la variedad y la interacción entre fertilizantes y variedad.

Cuadro 12. Análisis de la Varianza para la variable número de tallos

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	SIG.
Bloque	3	2	1,5	5,4	0,0456	*
Fertilizantes	2,83	3	0,94	3,4	0,0943	ns
Variedad	1,5	1	1,5	3	0,2254	ns
Fertilizantes*Variedad	0,17	3	0,06	0,08	0,9702	ns
Error	4,33	6	0,72			
Total	14,5	23				

NS: $p < 0,05$

En relación con el efecto del bloque, los resultados muestran un efecto significativo en la variable número de tallos por planta, ya que el valor $p=0,0456$ es menor que el nivel de significancia estándar de 0,05. Esto sugiere que las diferencias entre los bloques tienen un impacto significativo en el número de tallos por planta. En cuanto al efecto de los fertilizantes, los resultados muestran un valor $p=0,0943$. Aunque este valor no es muy bajo, indica la no significancia estadística en la variable del número de tallos por planta, lo que sugiere que podría haber diferencias significativas entre los efectos de los diferentes niveles de fertilizantes. Por otro lado, el análisis de las variedades mostró un valor $p=0,2254$, lo que indica que no hay diferencias significativas en el número de tallos por planta entre las variedades de papa nativa. Finalmente, la interacción entre los niveles de fertilizantes y las variedades arrojó un valor $p=0,9702$, demostrando que no existe una interacción significativa entre estos dos factores en la variable analizada.

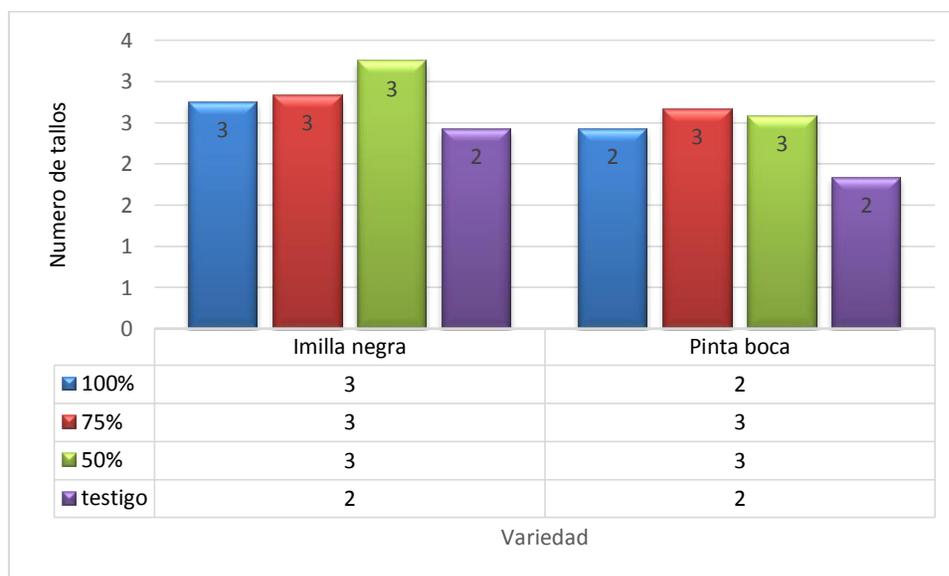


Figura 11. Número de tallos por planta bajo tres niveles de aplicación de fertilizantes inorgánicos.

En la Figura 11 se muestra que la aplicación de fertilizantes inorgánicos combinados en diferentes niveles (urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y blaukorn classic) no tuvo un impacto significativo en el aumento del número de tallos por planta. Sin embargo, el uso de estos insumos fortalece el crecimiento vigoroso de los tallos, la producción de proteínas y el desarrollo de tallos más fuertes y robustos. Esto beneficia indirectamente a los tallos al mejorar la absorción de nutrientes y agua, lo cual es vital para mantenerlos hidratados y fuertes, y aumenta su resistencia al estrés, como sequías y enfermedades.

La aplicación de diferentes niveles de fertilizantes combinados no mostró resultados significativos en el número de tallos por planta en el cultivo de papa, lo que limitó su efectividad como fertilizante ideal. Esto se debió a condiciones ambientales irregulares durante el periodo de investigación, incluyendo una escasa precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo. Esto implica que el suelo tiene una baja capacidad para almacenar materia orgánica. Debido a la falta de estos requisitos edafológicos, los fertilizantes combinados aplicados no mostraron sus efectos en la variable analizada.

Al respecto Morales (2000), indica que el número de tallos en su generalidad va del orden de 2.6 y 2,2 tallos/planta para Sani imilla y Waych'a respectivamente en condiciones del Altiplano Central a secano.

Por otro lado, Condori (2003), reporto que no encontró diferencias significativas para el factor fertilizante, pero menciona de modo referencial 2.51 tallos/planta para Sani imilla y 2.58 tallos/planta para Waych'a pacaña con fertilización química (80-120-00 kg/ha de Urea-FDA) a secano en la localidad de Achacachi (Provincia Omasuyos).

4.10. Número de botones florales

En el cuadro 13, muestra el análisis de varianza (ANOVA) que evalúa los efectos del bloque, los fertilizantes, la variedad y la interacción entre fertilizantes y variedad en la variable del número de botones florales por planta, con un coeficiente de variación del 25,03%.

Cuadro 13. Análisis de la Varianza para la variable número de botones florales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG.
Bloque	50,58	2	25,29	1,25	0,3526	ns
Fertilizantes	80,67	1	80,67	3,19	0,216	ns
Variedad	295	3	98,33	4,85	0,0482	*
Fertilizantes*Variedad	71	3	23,67	1,87	0,2348	ns
Error	75,75	6	12,63			
Total	745,33	23				

NS: $p < 0,05$

Los resultados indican que el factor bloque no tiene un efecto significativo en el número de botones florales por planta, ya que el valor $p=0.3526$ es mayor que el nivel de significancia de 0.05. En cuanto a los fertilizantes, el valor $p=0.216$ muestra que no hay diferencias

significativas en el número de botones florales por planta entre los diferentes niveles de fertilizantes aplicados. Respecto a las variedades, el análisis de varianza revela que, aunque las dos variedades de papa son diferentes, no presentan un efecto claramente significativo. Sin embargo, el valor $p=0.0482$ proporciona suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, sugiriendo posibles diferencias significativas entre las dos variedades de papa en la variable del número de botones florales. Finalmente, la interacción entre fertilizantes y variedades, con un valor $p=0.2348$, no muestra una interacción significativa entre estos factores en la variable del número de botones florales.

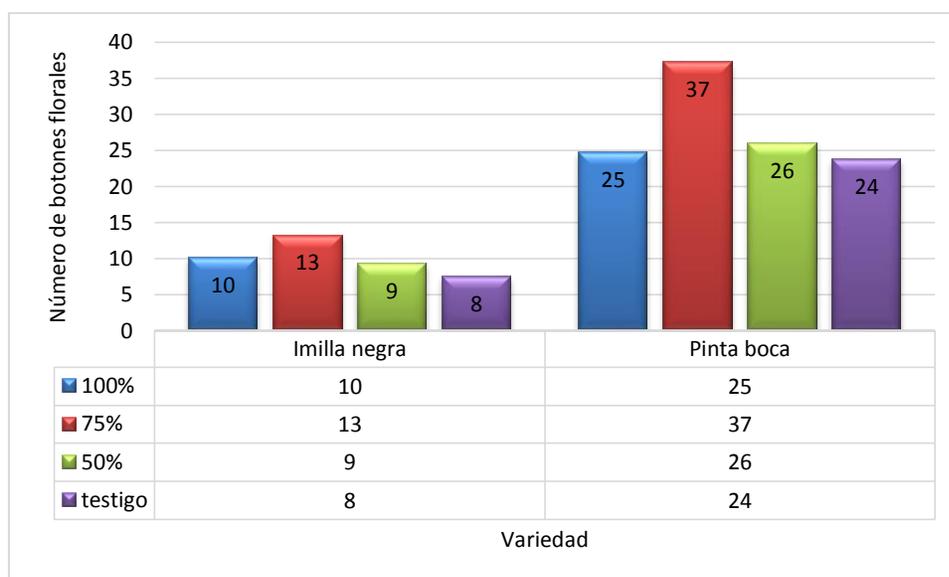


Figura 12. Número de botones florales por planta bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes inorgánicos.

En la Figura 12 se muestra que el uso de fertilizantes inorgánicos combinados (urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y blaukorn classic) no tuvo un impacto significativo en el aumento del número de botones florales por planta. Sin embargo, estos insumos agrícolas protegen a la planta de plagas y enfermedades, tienen la capacidad de aumentar la cantidad de botones florales, estimulan la formación de brotes florales y el desarrollo más rápido. Además, juegan un papel importante en la maduración de los botones florales, permitiendo que se conviertan en flores completas y fomentan el crecimiento sano y de calidad.

La falta de significancia en los resultados con la aplicación de diferentes niveles de fertilizantes en cuanto a la cantidad de botones florales por planta puede deberse a las condiciones ambientales durante el periodo de investigación de campo (diciembre 2022 a

abril 2023), que careció de suficiente precipitación pluvial. Por esta razón, se determinó que la condición edafológica no respondió a la aplicación de los diferentes niveles de fertilizantes inorgánicos debido a la falta de agua, que es esencial para mantener la humedad del suelo. También se observó que, en el factor variedad, hubo significancia, lo cual se atribuye al factor genético de cada una de estas variedades.

Al respecto Chirino (2018) señala que todas las variedades que aplicaron Vigortop tuvieron más botones florales, excepto la variedad Yurima que mostró más botones florales en el tratamiento "Sin Vigortop". Además, se descubrió que las variedades Ajahuiri y Lucky presentaron la mayor cantidad de botones florales (10 botones) en el tratamiento "Con Vigortop", lo que indica que estas variedades asimilaron mejor los nutrientes del Vigortop. La variedad Kusillu, por otro lado, tuvo los botones florales más bajos en ambos tratamientos (2.7 y 2.4).

4.11. Número de tubérculos por planta

En el cuadro 14, muestra el análisis de varianza (ANOVA) que presenta los resultados de los efectos del bloque, los fertilizantes, la variedad y la interacción entre fertilizantes y variedad en la variable del número de tubérculos por planta. Con un coeficiente de variación del 7,88%, se confirma que los datos obtenidos son confiables.

Cuadro 14. Análisis de la Varianza para la variable número de tubérculos

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	GIG.
Bloque	90,75	2	45,38	7,72	0,0219	*
Fertilizantes	15	3	5	0,85	0,5148	ns
Variedad	204,17	1	204,17	14,29	0,0634	ns
Fertilizantes*Variedad	34,83	3	11,61	6,1	0,0297	*
Error	11,42	6	1,9			
Total	420	23				

NS: $p < 0,05$

En cuanto al efecto del bloque, los resultados indican que hay un efecto significativo en la variable del número de tubérculos por planta, ya que el valor $p=0.0219$ es menor que el nivel de significancia de 0.05. En lo que respecta a los fertilizantes, el valor $p=0.5148$ muestra que no hay diferencias significativas entre los efectos de los diferentes niveles de fertilizantes. Para las variedades, el valor $p=0.0634$ sugiere una tendencia hacia la

significancia, aunque no es lo suficientemente bajo como para ser considerado significativo, ya que el valor p es mayor que 0.05. Finalmente, los resultados de la interacción entre fertilizantes y variedades (fertilizante*variedad) muestran un valor $p=0.0297$, lo que indica que hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, sugiriendo que existe una interacción significativa entre los diferentes niveles de fertilizantes y las variedades en la variable del número de tubérculos por planta.

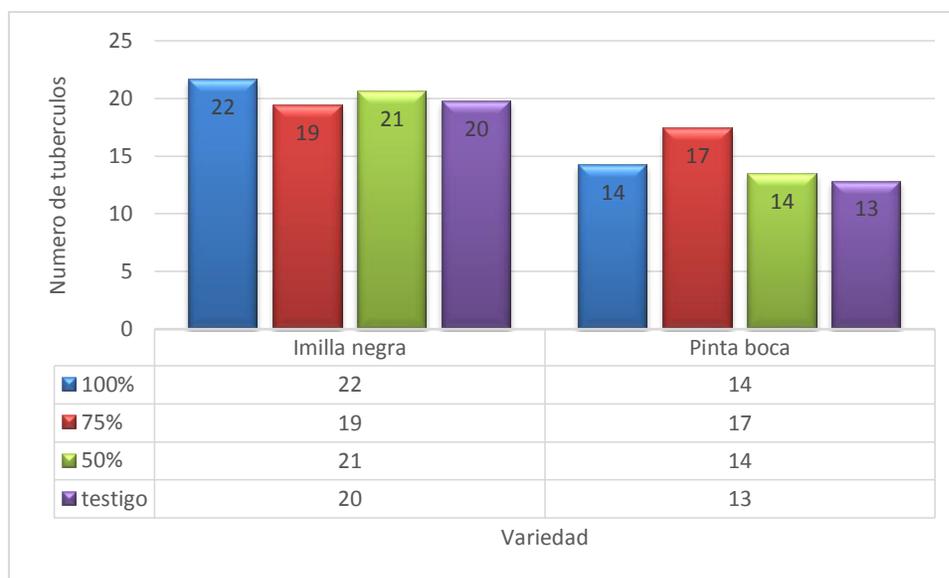


Figura 13. Número de tubérculos por planta bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes inorgánicos.

En la Figura 13 se muestra que la incorporación de fertilizantes inorgánicos combinados y en diferentes niveles (urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y blaukorn classic) no tuvo un impacto significativo en la cantidad de tubérculos por planta. Sin embargo, estos fertilizantes promueven el aumento de tubérculos por planta, ya que el nitrógeno estimula el crecimiento de estolones. También pueden mejorar el tamaño de los tubérculos, aumentando su contenido de almidón y mejorando su textura. Además, fomentan el desarrollo de un sistema radicular fuerte y extenso para la formación de tubérculos, lo cual es vital para un buen rendimiento y calidad de los tubérculos, mejorando su capacidad de almacenamiento y su resistencia a enfermedades y plagas.

La falta de significancia en los resultados con la aplicación de diferentes niveles de fertilizantes inorgánicos combinados con respecto al número de tubérculos por planta en el cultivo de papa limitó su efectividad como fertilizante ideal. Esto se debió a condiciones ambientales irregulares durante el periodo de investigación, incluyendo una escasa

precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo. Esto implica que el suelo tendrá un bajo contenido de materia orgánica, lo que permitirá un almacenamiento limitado de nutrientes. Sin estos requisitos edafológicos adecuados, los fertilizantes combinados aplicados no muestran sus efectos en la variable analizada. Asimismo, se observó que, en la variable de interacción entre fertilizante y variedad, hubo significancia, lo cual se atribuye más al factor genético de cada una de estas dos variedades estudiadas.

En relación a esto, Bertch (1995) señala que cada etapa del ciclo del cultivo requiere diferentes nutrientes en términos cualitativos y cuantitativos. Cada elemento tiene su fase de máxima absorción, y el potasio es crucial durante el "llenado" de los tubérculos (etapa de tuberización), ya que es la fase de mayor absorción. El potasio juega un papel fundamental en la calidad de los tubérculos (color, sabor) debido a su participación en el desplazamiento de carbohidratos y en el equilibrio hídrico de la planta. Asimismo, Pardavé (2004) indica que el potasio incrementa la eficiencia en la producción y movilización de azúcares y almidones hacia los tubérculos, lo que a su vez aumenta su tamaño.

4.12. Rendimiento

En el cuadro 15, muestra que el análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de las variedades de papa con la aplicación de fertilizantes, con un coeficiente de variación del 15,03%, indica que el factor bloque no tiene un efecto significativo sobre el rendimiento, ya que el valor $p=0.4409$ es mayor que el nivel de significancia de 0.05.

Cuadro 15. Análisis de la Varianza para la variable rendimiento de los tubérculos

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	SIG.
Bloque	13,48	2	6,74	0,94	0,4409	ns
Fertilizantes	27,75	3	9,25	1,29	0,3597	ns
Variedad	45,1	1	45,1	8,29	0,1024	ns
Fertilizantes*Variedad	5,17	3	1,72	0,53	0,6806	ns
Error	19,66	6	3,28			
Total	164,96	23				

NS: $p < 0,05$

En cuanto al factor de fertilizantes, los resultados indican que no hay diferencias significativas entre los efectos de los diferentes niveles de fertilizantes, ya que el valor $p=0.3597$ es mayor que 0.05. Esto sugiere que los fertilizantes no afectan significativamente

el rendimiento de los tubérculos. Respecto al factor de variedades, el valor $p=0.1024$ muestra que no hay diferencias significativas entre las variedades en cuanto al rendimiento de los tubérculos.

Finalmente, la interacción entre fertilizantes y variedades (fertilizantes*variedad) tampoco resulta significativa, con un valor $p=0.6806$, que es mayor que 0.05. Esto indica que no hay una interacción significativa entre los diferentes niveles de fertilizantes y las variedades en términos de rendimiento.

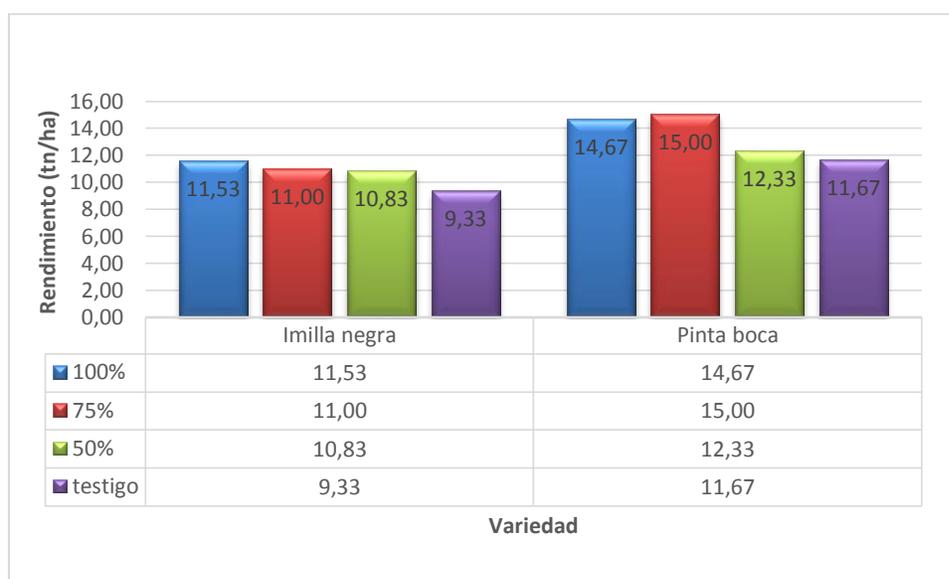


Figura 14. Rendimiento de los tubérculos en t/ha bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes inorgánicos

En la figura 14 se evidencia que la incorporación de fertilizantes inorgánicos combinados y en sus diferentes niveles (urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y blaukorn classic) no muestra significancia en el rendimiento de los tubérculos. Sin embargo, estos insumos proporcionan nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, que son vitales para el crecimiento de las plantas, lo cual provoca un aumento significativo en el rendimiento de los tubérculos.

La falta de significancia en los resultados obtenidos con la incorporación de diferentes niveles de fertilizantes sobre el rendimiento de los tubérculos se puede atribuir a las condiciones ambientales. Durante el periodo de investigación de campo (diciembre 2022 a abril 2023), hubo una insuficiente precipitación pluvial. Además, se estima que la condición edafológica no respondió a la aplicación de los diferentes niveles de fertilizantes inorgánicos

debido a la falta de agua, que es esencial para mantener la humedad del suelo y evitar el estrés hídrico en las plantas.

Los rendimientos en el departamento de La Paz son muy variados, por ejemplo, (Terán y Callisaya 1999), reportaron 22.04 y 20.53 t/ha para las variedades Waycha paceña y Sani imilla respectivamente, con la aplicación de guano de ovino (5t/ha) a secano en la localidad de Achocalla (Provincia Murillo), los autores atribuyeron la diferencia en rendimiento a las características varietales. Así mismo Condori (2003), aplicando Urea-FDA (80-120-00 kg/ha), en condiciones de secano obtuvo rendimientos de 17.45 y 18.79 t/ha para Waycha paceña y Sani imilla respectivamente, en el mismo ensayo reportó 22.63 y 17.41 t/ha para las mismas variedades, pero bajo riego, esto ocurrió en el Altiplano Norte (Localidad Achacachi).

4.13. Incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos

En el cuadro 16, presenta un análisis de varianza (ANOVA) que examinó los efectos del bloque, los fertilizantes, la variedad y la interacción entre fertilizantes y variedad en la incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos. El coeficiente de variación fue del 2,74 %. Esto indica que los datos del análisis estadístico son confiables.

Cuadro 16. Análisis de la Varianza para la variable incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	SIG.
Bloque	12,79	2	6,40	10,51	0,0110	*
Fertilizantes	0,21	3	0,07	0,11	0,9484	ns
Variedad	0,33	1	0,33	0,42	0,5821	ns
Fertilizantes*Variedad	4,25	3	1,42	6,25	0,1028	ns
Error	1,36	6	0,23			
Total	24,14	23				

NS: $p < 0,05$

En relación con el factor bloque, el resultado indica un efecto significativo sobre la incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos, ya que el valor $p=0.0110$ es menor que el nivel de significancia de 0.05. En cuanto al factor fertilizantes, los resultados muestran que no hay diferencias significativas entre los distintos niveles de fertilizantes, dado que el valor $p=0.9484$ es mayor que 0.05. Esto sugiere que los fertilizantes no influyen significativamente en la incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos.

En cuanto a las variedades, el valor $p=0.5821$ indica que no existen diferencias significativas entre ellas en relación con la incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos. Finalmente, los resultados de la interacción entre fertilizantes y variedad (fertilizantes*variedad) muestran que no hay una interacción significativa, ya que el valor $p=0.1028$ es mayor que 0.05. Esto demuestra que el efecto de los fertilizantes sobre la incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos no es significativo.

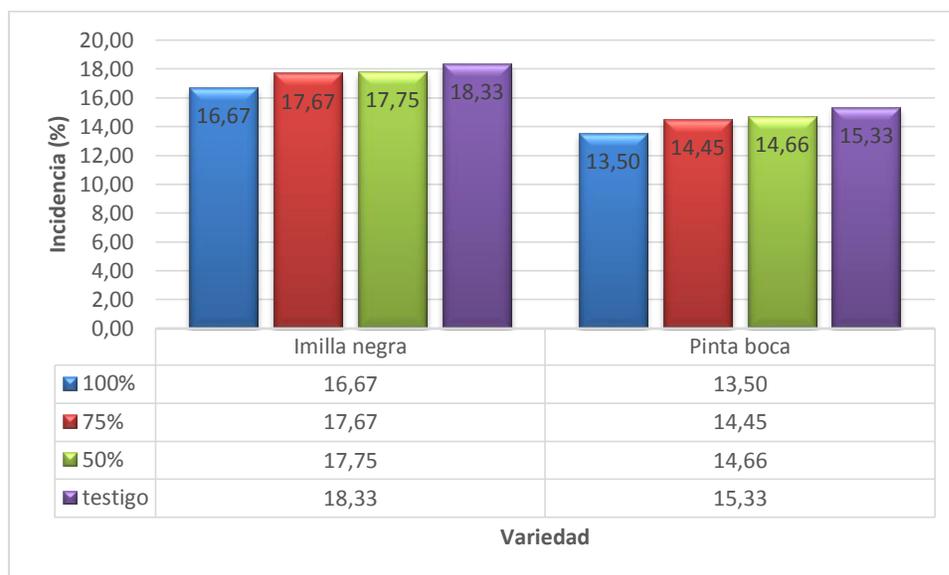


Figura 15. Incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos de la papa bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes

En la Figura 15 se observa que el uso de estos fertilizantes inorgánicos en sus diferentes niveles (urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y Blaukorn Classic) no mostró diferencias significativas en la incidencia de plagas y enfermedades en los tubérculos. Estos insumos pueden tener tanto efectos positivos como negativos sobre las plagas y enfermedades en los tubérculos de papa. Entre los efectos positivos se incluyen la mejora de la salud de la planta, el fortalecimiento de las raíces, la resistencia a plagas y enfermedades del suelo, y la mejora de la estructura celular. Sin embargo, el uso excesivo de estos fertilizantes puede favorecer el desarrollo de ciertas plagas y enfermedades.

La no significancia de los resultados obtenidos con la incorporación de los diferentes niveles de fertilizantes inorgánicos combinados dentro del cultivo de papa condicionó su accionar como fertilizante ideal debido a que existió una condición medio ambiental irregular durante el periodo de investigación, escasa precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo, lo que

origino que el suelo tenga un bajo contenido de materia orgánica que el mismo permitirá el buen almacenamiento, sin estos requerimientos edafológicos, los fertilizantes combinados aplicados no muestran sus efectos como se observa en el presente variable.

Al respecto Tola (2009) señala que los métodos de control empleados en su estudio lograron un porcentaje de control inferior al observado en nuestro experimento. Por otro lado, Huanca (2003) menciona que las parcelas con control presentan un menor porcentaje de daño en comparación con las parcelas sin control, destacando que el uso de zanjas cubiertas con plástico ofrece un mejor control en comparación con las barreras vegetales. Además, Ramos et al. (1998) argumentan que el tarwi, por su biomasa aérea que contiene alcaloides, actúa como repelente para insectos plaga, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en nuestro estudio. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a sequías, heladas y salinidad. Además, las plantas bien abastecidas de K⁺ sufren menos enfermedades (FAO, 2002), citado por (Tangara ,2010).

4.14. Severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos

En el cuadro 17, presenta un análisis de varianza (ANOVA) que evaluó los efectos del bloque, los fertilizantes, la variedad y la interacción entre fertilizantes y variedad en la severidad del tubérculo, con un coeficiente de variación del 2,66 %. Esto sugiere que los datos del análisis estadístico son confiables.

Cuadro 17. Análisis de la Varianza para la variable severidad en el tubérculo de la papa

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	SIG.
Bloque	9,81	2	4,91	3,63	0,0925	ns
Fertilizantes	4,11	3	1,37	1,02	0,4490	ns
Variedad	0,01	1	0,01	0,01	0,9207	ns
Fertilizantes*Variedad	3,86	3	1,29	2,49	0,1575	ns
Error	3,10	6	0,52			
Total	30,66	23				

NS: $p < 0,05$

Para el factor bloque, los resultados muestran que no hay un efecto significativo en la severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos, ya que el valor $p=0.0925$ es mayor que el nivel de significancia de 0.05. En cuanto a los fertilizantes, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos niveles de fertilización, con un valor $p=0.4490$,

que también es mayor que 0.05. Esto indica que los fertilizantes no tienen un impacto significativo en la severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos.

Por otro lado, los resultados para las variedades muestran un valor $p=0.9207$, lo que indica que no hay diferencias significativas entre ellas en cuanto a la severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos. Finalmente, la interacción entre fertilizantes y variedad (fertilizantes*variedad) no presenta un efecto significativo, con un valor $p=0.1575$, que es mayor que 0.05. Esto sugiere que no hay una interacción significativa entre los niveles de fertilizantes y las variedades en relación con la severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos.

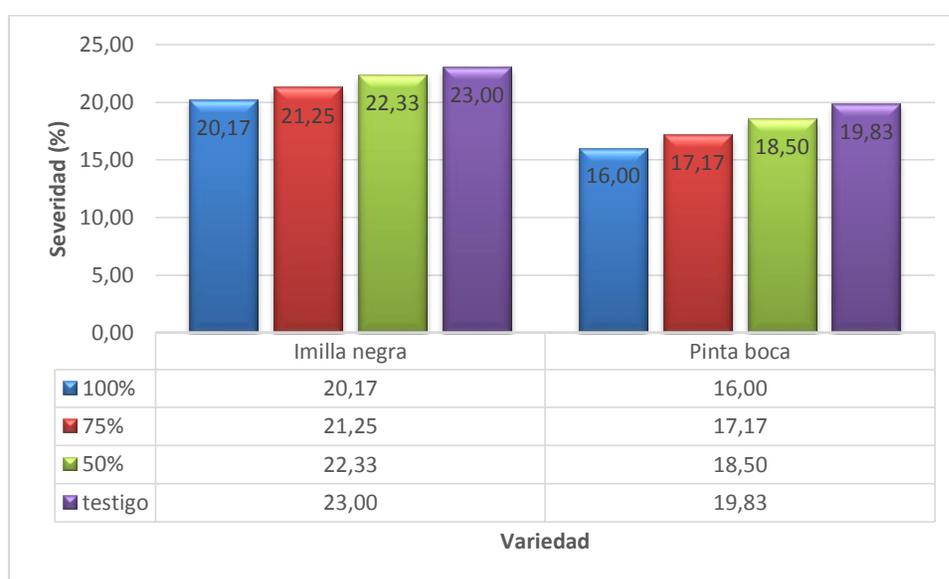


Figura 16. Severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos de la papa bajo la aplicación de tres niveles de fertilizantes

En la Figura 16 se observa que la incorporación de fertilizantes inorgánicos en sus diferentes niveles (urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio y Blaukorn Classic) no mostró diferencias significativas en la severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos. Los fertilizantes aplicados pueden tener tanto efectos positivos como negativos sobre las plagas y enfermedades en los tubérculos de papa. Entre los efectos positivos se incluyen la mejora de la salud de la planta, el fortalecimiento de las raíces, la resistencia a plagas y enfermedades del suelo, y la mejora de la estructura celular. Sin embargo, el uso excesivo de estos fertilizantes puede favorecer el desarrollo de ciertas plagas y enfermedades.

La falta de significancia en los resultados obtenidos con la aplicación de diferentes niveles de fertilizantes combinados en el cultivo de papa se debe a las condiciones ambientales

irregulares durante el periodo de investigación. La escasa precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo resultó en un suelo con bajo contenido de materia orgánica, lo que impidió un buen almacenamiento de nutrientes. Sin estos requisitos edafológicos, los fertilizantes combinados aplicados no mostraron sus efectos, como se observa en la variable presente.

Al respecto Avalos (1996) y Guapi (2012) señalan que un grado de severidad del 40-60% representa daños medianamente moderados causados por larvas del gorgojo de los Andes, con una utilización limitada de los tubérculos afectados. Según su clasificación, un daño menor al 20% se considera leve y los tubérculos afectados pueden ser utilizados con ciertas limitaciones. Así mismo PROINPA (2009), si el daño en la parte aérea de la planta supera el 50% durante la formación de estolones, la planta pierde su capacidad de recuperación. Además, el autor explica que en el estadio 2 (crecimiento vegetativo), las hojas y los tallos se desarrollan a partir de los nódulos de los brotes emergidos, mientras que las raíces y estolones se originan de los nódulos en crecimiento en el suelo.

4.15. Relación beneficio/costo

Para calcular la relación beneficio-costo, se consideraron los gastos desde la preparación del terreno con maquinaria, el proceso de siembra, las labores culturales y la cosecha del cultivo. También se incluyeron los costos de insumos (semillas y fertilizantes) y la depreciación de las herramientas utilizadas.

El cuadro presenta el análisis económico del trabajo de investigación, con un monto total de 17,864.73 Bs por hectárea, desglosado por cada tratamiento

Cuadro 18. Relación Beneficio/Costo de dos variedades de papa nativa

Trat.	Variedad	Rdto.	IN	IB	B/C
Tratamiento 1 (Testigo)	Imilla negra	9,33	17853,5	11,28	0,63
Tratamiento 2 (50%)	Imilla negra	10,83	17851,6	13,1	0,73
Tratamiento 3 (75%)	Imilla negra	11	17851,4	13,31	0,74
Tratamiento 4 (100%)	Imilla negra	11,53	17850,8	13,95	0,78
Tratamiento 5 (Testigo)	Pinta boca	11,67	17847,6	17,15	0,96
Tratamiento 6 (50%)	Pinta boca	12,33	17846,6	18,12	1,01
Tratamiento 7 (75%)	Pinta boca	15	17842,7	22,05	1,23
Tratamiento 8 (100%)	Pinta boca	14,67	17843,2	21,56	1,2

Según el cuadro 18, la relación beneficio/costo para los diferentes tratamientos aplicados a las dos variedades de papa muestra que en los tratamientos 1, 2, 3 y 4, correspondientes a la variedad Imilla Negra, la relación es menor a 1 (<1), indicando que no se generan ganancias. En el tratamiento 5, aplicado a la variedad Pinta Boca, la relación beneficio/costo es de 0,96, también inferior a 1, lo que significa que no se obtienen beneficios económicos.

Sin embargo, en los tratamientos 6 (50%), 7 (75%) y 8 (100%), variedad Pinta Boca, la relación beneficio/costo es superior a 1 (>1), lo que indica que estos tratamientos son rentables. En particular, el tratamiento 7 (75%) de la variedad Pinta Boca se destaca como el más rentable, con una relación beneficio/costo de 1,23. Esto significa que, por cada boliviano invertido, se obtienen 23 centavos de ganancia, demostrando una rentabilidad favorable para este tratamiento. En resumen, los tratamientos más eficientes en términos de relación beneficio-costo son el Tratamiento 4 para Imilla Negra y el Tratamiento 3 para Pinta Boca.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- Los resultados obtenidos en la presente investigación reflejan que el uso de los diferentes niveles de fertilizantes inorgánicos no tuvo un impacto significativo en el desarrollo agronómico de las dos variedades de papa nativa. Las diferencias en los días de emergencia entre ambas variedades fueron mínimas. Sin embargo, se observaron pequeñas variaciones en la altura y el diámetro del follaje de las plantas tratadas con fertilizantes en comparación con el testigo. La variedad Imilla Negra creció en promedio a 37,58 cm con fertilizantes, frente a 35 cm sin fertilizante. Además, el número de tubérculos por planta en la variedad Imilla Negra aumentó considerablemente, con un promedio de 22 tubérculos, en comparación con los 14 tubérculos de la variedad Pinta Boca. También se notaron diferencias leves en el número de tallos por planta, siendo 3 en Imilla Negra y 2 en Pinta Boca. En cuanto a los botones florales, los fertilizantes no produjeron cambios significativos en comparación con el testigo, con la variedad Pinta Boca presentando 37 botones florales por planta con fertilizantes frente a 24 botones florales del testigo.
- En cuanto al rendimiento, la variedad Imilla Negra con la aplicación de fertilizantes (100%) alcanzó el mayor rendimiento, registrando 11,53 tn/ha. Por su parte, la variedad Pinta Boca, con una aplicación de fertilizantes al 70%, obtuvo un rendimiento de 15,00 tn/ha. La variedad Imilla Negra sin fertilizantes logró un rendimiento de 9,33 t/ha, mientras que la variedad Pinta Boca, también sin fertilizantes, presentó un rendimiento de 11,67 tn/ha. Estos resultados muestran la influencia de la fertilización en el rendimiento de ambas variedades, siendo Pinta Boca más productiva, incluso con menor porcentaje de fertilizantes.
- En la descripción económica relación beneficio/costo, la variedad pinta boca obtuvo la mayor ganancia con el Tratamiento 3 (75%), quiere decir que por cada 1 Bs. Invertido el agricultor puede recuperar 23 centavos. Para la variedad Imilla Negra no se obtuvo ganancias significativas, quiere decir que por cada 1 Bs. Invertido el agricultor no recupera nada. En términos económicos, la relación beneficio/costo muestra que la variedad Pinta Boca alcanzó la mayor rentabilidad con el Tratamiento 3 (75%). Esto

significa que por cada 1 Bs. invertido, el agricultor puede recuperar 23 centavos. En contraste, la variedad Imilla Negra no generó ganancias significativas, lo que implica que por cada 1 Bs. invertido, el agricultor no recupera nada.

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- En el estudio realizado en la comunidad de San Jose de Tiahuanacu, se sugiere utilizar el tratamiento T3 (Urea + FDA + Cloruro de potasio + Blaunkorn Classic al 75%) debido a su mejor desempeño agronómico y mayor rendimiento por planta en comparación con los demás tratamientos, alcanzando un rendimiento de 15 tn/ha en la variedad Pinta Boca en comparación variedad Imilla Negra obtuvo 11.53 tn/ha (T4). Tratamiento 3 variedad Pinta Boca se presenta como una alternativa económica que reduce los costos de producción para el agricultor.
- Se recomienda implementar la incorporación de fertilizantes inorgánicos mostrando así incrementos apreciables en el rendimiento. Se recomienda realizar estudios en cuanto a las propiedades químicas en el suelo por efecto de la aplicación de los fertilizantes inorgánicos, que podrían influir sobre el equilibrio nutritivo de la planta, considerando los sistemas tradicionales de producción.
- Se recomienda continuar con otros estudios, con la incorporación de los fertilizantes inorgánicos en el cultivo de papa bajo otras condiciones agroclimatológicas para establecer su potencial de producción y conseguir más información en el crecimiento y producción del cultivo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Avalos, G. 1996. Control integrado del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax*). Tesis de grado. Ing. Agr. Riobamba, Ecuador. 19 p. Disponible en: <https://books.google.com.bo/books?id=i5gzAQAAMAAJ>. Consultado el 25 de noviembre de 2015.
- ARGENPAPA. 2016. Información técnica: Recomendaciones nutricionales para incrementar el tamaño del tubérculo en papas.
- Ballejos, J. 2010. Promoción e Investigación de Productos Andinos. PROINPA. La Paz, Bolivia. 15 p.
- BDP (Banco de Desarrollo Productivo). 2023. Censo Agropecuario 2013, ENA 2015 y Actualizaciones 2021. Desarrollo GAD.
- Bohorquez, F. 2001. Manual de fertilidad de suelos. 8 ed. reimpresión. 26-35 p.
- Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José. INPOFOS. 138-139 p.
- Cabrera, L. 2007. Mineralización y nitrificación: procesos claves en el ciclo del nitrógeno. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. 26 p.
- Canqui, F., y Morales, E. 2009. Conocimiento local en el cultivo de papa. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 134 p.
- Chirino, D. 2018. Efecto de la aplicación de vigortop en cuatro variedades de papa nativa (*Solanum sp.*) en la Comunidad de Coromata Media, Municipio de Huarina. 125 p.
- Chávez, R. 2019. Sobre el origen, evolución y diversidad genética de la papa cultivada y la silvestre. Ciencia y Desarrollo. 10 p. Disponible en: <https://doi.org/10.33326/26176033.2006.10.213>.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1998. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos, Programa de economías de CIMMYT. México. 33 p.

- CIP. (Centro Internacional de la Papa). 2006. Catálogo de variedades de papa nativa. Huancavelica, Perú. 208 p. 1 ed.
- CIP. (Centro Internacional de la Papa). 2004. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variedades de papas nativas en la sierra central del Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Santa Ana, Huancayo – Perú. 391 p.
- Condori, J. 2003. Evaluación agroeconómica de especies nativas de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andígena* y *Solanum juzepczukii*) bajo riego por aspersion y fertilización adicional, en el altiplano norte de La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr., Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 70 p.
- Condori, A. 2005. Análisis comparativo y modelación genética de los tubérculos andinos en los Andes de Bolivia. Universidad Católica de Lovaina, Bélgica.
- Conti, M. 2005. Principios de Edafología. 2ª reimpresión. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 224 p.
- Estrada, R. 2009. La Biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. La Paz, Bolivia. 372 p.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002. Utilización de fertilizantes por cultivo. 4 ed. Rev. Roma. 83 p.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. Nueva luz sobre un tesoro enterado. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación Roma. 2009. 143 p. Disponible en: https://elpais.bo/sociales/20181223_los-secretos-de-la-papa.html.
- Gabriel. 2011. Revalorización de las papas nativas de Bolivia (*Solanum tuberosum* L.). Como fuente de hierro y zinc. Disponible en: <https://www.facebook.com/100064387520945/posts/4211844518903095/>.
- Fundación PROINPA. 2015. Informe Compendio 2011-2014. Cochabamba, Bolivia. 142 p.
- Hijmans, R., y Spooner, D. 2002. Revista de Botánica. Distribución geográfica y ecológica de papas silvestres (*Solanum* l.), del altiplano Potosino-Zacatecano. México. 8 p.

- Huanca, R. 2003. Efecto de las trampas de caída con insecto vivo, con atrayentes para el control del gorgojo de los andes en el cultivo de papa: Tesis de grado. Ing. Agr. UMSA. La Paz, Bolivia. 72 p.
- IBTA. (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria). 1994. Identificación de variedades de papa nativa (*Solanum sp.*). Producidas en tres comunidades del Municipio de Tiahuanaco. La Paz. 20018.
- INE. (Instituto Nacional de Estadística) 2008. Datos estadísticos de la producción agropecuaria en Bolivia. La Paz, Bolivia. 2011.
- INE. (Instituto Nacional de Estadística) 2019. Archivado desde el original el 7 de noviembre de 2014. Consultado el 23 de mayo de 2019.
- INIAP. (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) 2011. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos (PNRT-Papa). Quito, Ecuador y el Consorcio de Pequeños Productores de Papa (CONPAPA), Guaranda, Ecuador. 2010. 146 p.
- INIAP. (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) 2012. Caracterización del sistema socio-ecológico y productivo de las unidades productivas agrícolas del cultivo de papa en el departamento de Nariño. Cali. Colombia. 141 p. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1507>.
- Iriarte, Condori, Parapo, y Acuña. 2009. Catálogo etnobotánico de papas nativas del Altiplano Norte de La Paz-Bolivia. p. 146.
- Lopez, A. 1998. Manual de nutrición y fertilización. Ecuador. Consultado el 25 de diciembre de 2005. 83 p. Disponible en: http://www.omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/48/html/sec_6.html.
- MDRyT. (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras) 2012. Compendio Agropecuario, Observatorio Agroambiental y Productivo. La Paz, Bolivia. 512 p.

- Monteros, C., y Pallo, E. 2009. Resumen de tesis, Revista Latinoamericana de la Papa. Conservación y revalorización de papas nativas con pequeños productores de la provincia Bolívar, Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); Programa Nacional de Raíces y Tubérculos (PNRT-Papa), Quito, Ecuador y el Consorcio de Pequeños Productores de Papa (CONPAPA), Guaranda, Ecuador. 8 p.
- Morales, E. M. 2000. Selección de cultivares nativos de papa de diferentes especies (*Solanum ajanhuiri*, *Solanum juzepczukii* y *Solanum tuberosum ssp. andígena*) por su respuesta a bajos niveles de fósforo. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 63 p.
- Muñoz, C. 1984. Diseño de una nueva planta de tratamiento de aguas para uso en la elaboración de productos de EMBOL. Tarija p. 45. Disponible en: https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=3848.
- Pardavé, C. 2004. Cultivo y comercialización del cultivo de papa. Lima, Perú. 2004. 133 p.
- Paz, Q. 2006. Efecto de fertilizantes químicos en la producción de variedades de papa (*Solanum tuberosum L. ssp. andígena*) a secano en Kallutaca, provincia Los Andes. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. 111 p.
- PEDECO. (Plan de desarrollo comunitario) 2007. Dependiente del Gobierno Municipal de Escoma. La Paz, Bolivia.
- PROIMPA. (Fundación para la Promoción e Investigación en Productos Andinos). 2001. Papas bolivianas. Catálogo de 100 variedades de papa amarga. Cochabamba, Bolivia 113 p.
- PROIMPA. (Fundación para la Promoción e Investigación en Productos Andinos). 2015. Identificación de variedades de papa nativa (*Solanum sp.*) producidas en tres comunidades del municipio de Tiahuanaco. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182018000200013.
- Pumisacho, M., y Sherwood, S. 2002. El cultivo de la papa en Ecuador. INIAP-CIP. 231 p.

- Punina, E. 2013. Evaluación agronómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) c.v. "Fripapa" a la aplicación de tres abonos completos. Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica. 70 p.
- Ramos, J. 1998. Incidencia y severidad de *Nacobbus aberrans* y *Globodera* spp. en el cultivo de la papa en Bolivia: pérdida en el valor bruto de su producción. Documento de trabajo, PROINPA. s.l. 184 p.
- Romero, L; Trinidad, Santos; García, Espinosa; Ferrera, Cerrato. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agro Ciencia*. 10 p.
- Salazar, M., et al. 2008. Evaluación del rendimiento y características de calidad de trece clones avanzados de papa. (*Solanum tuberosum* L.). *Agricultura Andina*. 178 p.
- SIOVM. (Sistema de Información de los Organismos Vivos Modificados). 2002. Principios agronómicos en el cultivo de la papa. Disponible en: <https://www.yara.bo/nutricion-vegetal/papa/principios-agronomicos-en-el-cultivo-de-la-papa/>.
- Tangara, E. 2010. Efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en las propiedades físicas y químicas del suelo sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en tres comunidades del Altiplano Central de Bolivia. Tesis Lic. Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 14 p.
- Tapia, M. 1990. Cultivos andinos explotados y su aporte en la alimentación. Lima, Perú. s.e. 205 p.
- Teran, R., y Callisaya, R. 1999. Memorias primer Congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo: Evaluación de abonos orgánicos en el cultivo de dos variedades de papa. La Paz, Bolivia. GAMMA. 273 p.
- Terrazas, F., Guidi, A., Cadima, X., Gonzales, R., Chávez, E., Almanza, J., Salazar, M., y Baudoin, J. 2005. Conservación in situ y valoración de las papas nativas en el micro centro de diversidad genética de Candelaria, Cochabamba, Bolivia. PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 12 p.

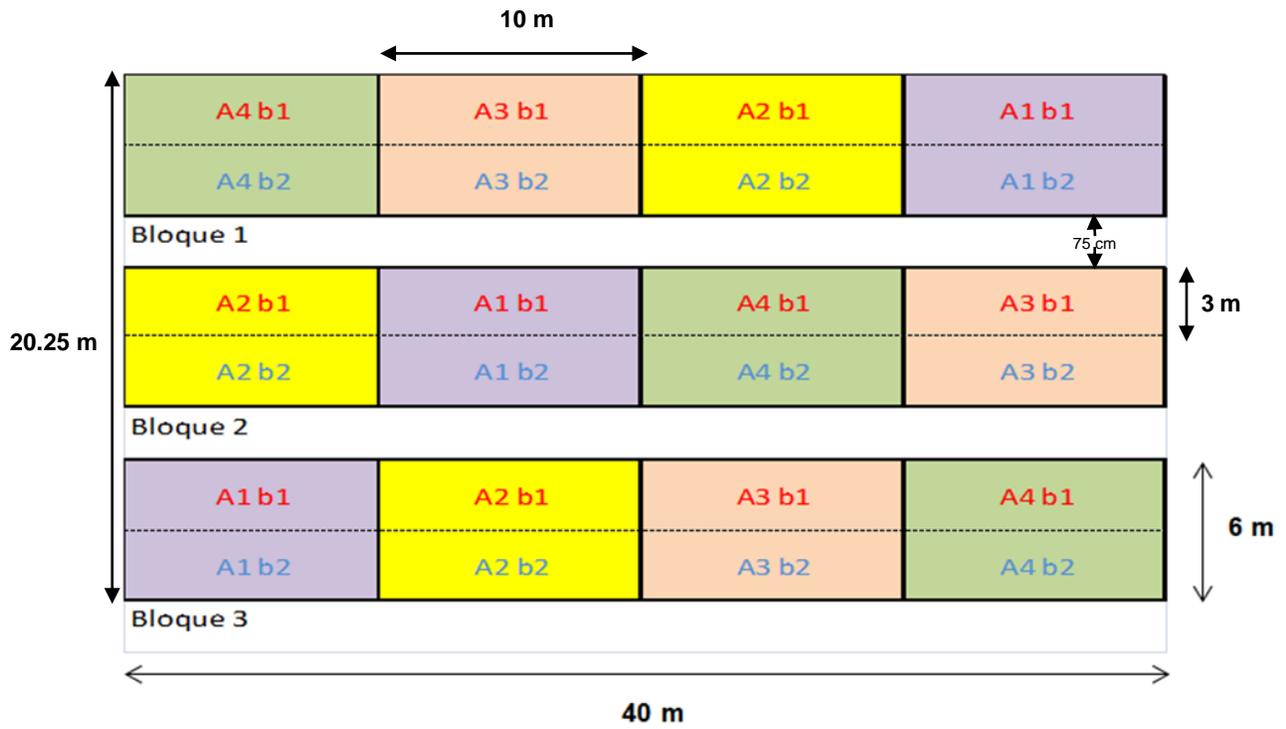
- Tola, S. 2009. Implementación de prácticas de manejo integrado del gorgojo de los andes en el cultivo de la papa en la comunidad de Chinchaya del Municipio de Ancoraimes: Tesis de grado. Ing. Agr. UMSA, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 102 p.
- Ugarte, M., y Iriarte, V. 2005. Catálogo de cien variedades de variedades nativas. CIP, COSUDE, PROINPA. 113 p.
- Vignola, R., Watler, W., Poveda, K., Vargas, A., Céspedes. 2017. Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA, Cámara de Productores del Pacífico y Ministerio de Agricultura y Ganadería. 110 p.
- Zeballos, H. 2007. Aspectos económicos de la producción de papa en Bolivia. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). 125 p.
- .

8. ANEXOS

Anexo 1. Toma de muestreo de suelo



Anexo 2. Croquis de la parcela Experimental



Anexo 3. Preparado, Roturado y rastreado de la parcela de investigación



Anexo 4. Siembra de dos variedades de papa nativa en la parcela



Anexo 5. Incorporación de fertilizantes



Anexo 6. Marbeteado de plantas en la parcela



Anexo 7. Desmalezado y aporque de la parcela



Anexo 8. Cosecha de los tubérculos de las dos variedades



Anexo 9. Incidencia y severidad de plagas y enfermedades en los tubérculos



Imilla Negra



Pinta Boca

**Imilla Negra****Pinta Boca****Anexo 10. Costos de producción por cada tratamiento (Expresado en bolivianos)**

	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COST/UNIT Bs.	COSTO TOTAL Bs.
1	PREPARACIÓN DE TERRENO				1350,00
	1. Roturado del suelo (alquiler tractor)	ha	1	250,00	250,00
	2. Desterronado (alquiler tractor)	ha	1	250,00	250,00
	3. Limpieza (manual)	jornal	6	100,00	600,00
	4. Nivelado (alquiler tractor)	ha	1	250,00	250,00
2	SIEMBRA				250,00
	1. Siembra (alquiler tractor)	ha	1	250,00	250,00
3	LABORES CULTURALES				2800,00
	1. Desmalezado	jornal	16	100,00	1600,00
	2. Aporque	jornal	8	100,00	800,00
	3. Aplicación de fertilizantes	jornal	4	100,00	400,00
4	COSECHA				2200,00
	5. Cosecha	jornal	10	100,00	1000,00
	7. Clasificación	jornal	6	100,00	600,00
	8. Traslado (alquiler movilidad)	viaje	4	150,00	600,00
5	HERRAMIENTAS				500,00
	1. Global		1	500,00	500,00
6	TRATAMIENTO 1 SIN FERTILIZANTE				765,00
	1. Semilla (Imilla Negra)	qq	1,7	450,00	765,00
7	TRATAMIENTO 2 CON FERTILIZANTE (50%)				1132,28
	1. Semilla (Imilla Negra)	qq	1,7	450,00	765,00
	2. Urea	kg	2,41	12,05	29,04
	3. Fosfato diamonico	kg	1,53	13,77	21,07

	4. Cloruro de potasio	kg	3,29	29,61	97,42
	5. Blaukorn classic	kg	5,86	37,5	219,75
8	TRATAMIENTO 3 CON FERTILIZANTE (75%)				1590,99
	1. Semilla (Imilla Negra)	qq	1,7	450,00	765,00
	2. Urea	kg	3,62	18,1	65,52
	3. Fosfato diamonico	kg	2,29	20,61	47,20
	4. Cloruro de potasio	kg	4,93	44,37	218,74
	5. Blaukorn classic	kg	8,79	56,26	494,53
9	TRATAMIENTO 4 CON FERTILIZANTE (100%)				2234,10
	1. Semilla (Imilla Negra)	qq	1,7	450,00	765,00
	2. Urea	kg	4,82	24,1	116,16
	3. Fosfato diamonico	kg	3,06	27,54	84,27
	4. Cloruro de potasio	kg	6,58	59,22	389,67
	5. Blaukorn classic	kg	11,72	75	879,00
10	TRATAMIENTO 5 SIN FERTILIZANTE				595,00
	1. Semilla (Pinta Boca)	qq	1,7	350,00	595,00
11	TRATAMIENTO 6 CON FERTILIZANTE (50%)				962,28
	1. Semilla (Pinta Boca)	qq	1,7	350,00	595,00
	2. Urea	kg	2,41	12,05	29,04
	3. Fosfato diamonico	kg	1,53	13,77	21,07
	4. Cloruro de potasio	kg	3,29	29,61	97,42
	5. Blaukorn classic	kg	5,86	37,5	219,75
12	TRATAMIENTO 7 CON FERTILIZANTE (75%)				1420,99
	1. Semilla (Pinta Boca)	qq	1,7	350,00	595,00
	2. Urea	kg	3,62	18,1	65,52
	3. Fosfato diamonico	kg	2,29	20,61	47,20
	4. Cloruro de potasio	kg	4,93	44,37	218,74
	5. Blaukorn classic	kg	8,79	56,26	494,53
13	TRATAMIENTO 8 CON FERTILIZANTE (100%)				2064,10
	1. Semilla (Pinta Boca)	qq	1,7	350,00	595,00
	2. Urea	kg	4,82	24,1	116,16
	3. Fosfato diamonico	kg	3,06	27,54	84,27
	4. Cloruro de potasio	kg	6,58	59,22	389,67
	5. Blaukorn classic	kg	11,72	75	879,00
	TOTAL C.D.+C.I.				17864,73
	TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN				17864,73

Anexo 11. Calculo de fertilizantes inorgánicos aplicados en parcela de investigación para la variedad Imilla Negra

NITRÓGENO

Calculo de % de nitrógeno en el suelo.

M.O. = 0,1 % N = 0,5 %

Contenido de nitrógeno en el suelo.

M.O. x Nitrógeno = 0,05

%N 0,05 _ X

%N 100 _ 3250 T/ha

X = 1,63 T/ha

X = 1,63 T/ha → 1625 kg/ha

11625 kg/ha _ 100 %

X _ 1%

X = 16,3 kg N/ha

Disponibilidad:

Suelo = 16,3 kg N/ha

Requerimiento = 120 kg N/ha

Falta = 103,7 kg N/ha

Urea aplicada en la parcela 148 kg (100%)

Fosfato diamónico aplicada en la parcela 94 kg (100%)

Blaukorn classic aplicada en la parcela 202 kg (100%)

Urea = 46%

Fosfato diamónico _ 18%

Blaukorn classic = 12%

100 kg de Urea _ 46 kg de N

148 kg de Urea _ X

X = 68,08 kg de N (en 100%)

100 kg de Fosfato diamónico _ 18 kg de N

94 kg de Fosfato diamónico _ X

X = 16,92 kg de N (en 100%)

100 kg de Blaukorn classic _ 12 kg de N

148 kg de Blaukorn classic _ X

X = 21,6 kg de N (en 100%)

Nitrógeno total = 106,6 kg de nitrógeno aplicado en el cultivo de papa en tratamiento del 100%

Requerimiento = 120 kg N/ha

Disponible por el suelo = 16,3 kg N/ha

Oferta por los fertilizantes = 106,6 kg N/ha

Disponible de nitrógeno entre suelo y fertilizante = 122,9 kg N/ha

Requerimiento = 120 kg N/ha

Exceso = 2,9 kg N/ha

FÓSFORO

Calculo de masa del suelo.

D.A. × Volumen del suelo

$$1,3 \text{ T/m}^3 \times 2500\text{m}^3 = 3250 \text{ T}$$

$$3250 \text{ T} \times 1000 \text{ kg} = 3250000 \text{ kg}$$

Contenido de fósforo en el suelo.

1,4 ppm

Convertimos ppm a mg/kg.

1 ppm es igual a 1 mg/kg

$$1,4 \text{ ppm} = 1,4 \text{ mg/kg}$$

$$3250000 \text{ kg} \times 1,4 \text{ mg/kg}$$

$$4550000 \text{ mg} \rightarrow 4,55 \text{ kg}$$

X = 4,55 kg P/ha

Disponibilidad:

Suelo = 4,55 kg P/ha

Requerimiento = 60 kg P/ha

Falta = **55,45 kg P/ha**

Fosfato diamónico aplicado en la parcela 94 kg (100%)

Blaukorn classic aplicada en la parcela 202 kg (100%)

Fosfato diamónico = 46%

Blaukorn classic = 8%

100 kg de Fosfato diamónico _ 46 kg de P

94 kg de Fosfato diamónico _ X

X = 43,24 kg de P (en 100%)

100 kg de Blaukorn classic _ 8 kg de P

148 kg de Blaukorn classic _ X

X = 14,4 kg de P (en 100%)

Fosforo total = 57,64 kg de fosforo aplicado en el cultivo de papa en tratamiento del 100%

Requerimiento = 60 kg P/ha

Disponibile por el suelo = 4,55 kg P/ha

Oferta por los fertilizantes = 57,64 kg P/ha

Disponibile de fósforo entre suelo y fertilizante = 62,19 kg P/ha

Requerimiento = 60 kg P/ha

Exceso = 2,19 kg N/ha

POTASIO**Calculo de masa del suelo.**

D.A. × Volumen del suelo

$$1,3 \text{ T/m}^3 \times 2500\text{m}^3 = 3250 \text{ T}$$

$$3250 \text{ T} \times 1000 \text{ kg} = 3250000 \text{ kg}$$

Contenido de fósforo en el suelo.

0,5 ppm

Convertimos ppm a mg/kg.

1 ppm es igual a 1 mg/kg

$$0,5 \text{ ppm} = 0,5 \text{ mg/kg}$$

$$3250000 \text{ kg} \times 0,5 \text{ mg/kg}$$

$$1625000 \text{ mg} \rightarrow 1,63 \text{ kg}$$

X = 1,63 kg K/ha

Disponibilidad:

Suelo = 1,63 kg K/ha

Requerimiento = 150 kg K/ha

Falta = **148,37 kg K/ha**

Cloruro de potasio aplicado en la parcela 202 kg (100%)**Blaukorn classic aplicada en la parcela 202 kg (100%)**

Cloruro de potasio = 60%

Blaukorn classic = 16%

100 kg de Cloruro de potasio _ 60 kg de K

202 kg de Cloruro de potasio _ X

X = 121,2 kg de K (en 100%)

100 kg de Blaukorn classic _ 16 kg de K

148 kg de Blaukorn classic _ X

X = 28,8 kg de K (en 100%)

Potasio total = 150 kg de potasio aplicado en el cultivo de papa en tratamiento del 100%

Requerimiento = 150 kg K/ha

Disponible por el suelo = 1,63 kg K/ha

Oferta por los fertilizantes = 150 kg K/ha

Disponibles de fósforo entre suelo y fertilizante = 151,63 kg K/ha

Requerimiento = 150 kg K/ha

Exceso = 1,63 kg K/ha

Anexo 12. Calculo de fertilizantes inorgánicos aplicados en parcela de investigación para la variedad Pinta Boca

NITRÓGENO

Calculo de % de nitrógeno en el suelo.

M.O. = 0,1 % N = 0,5 %

Contenido de nitrógeno en el suelo.

M.O. x Nitrógeno = 0,05

%N 0,05 _ X

%N 100 _ 3250 T/ha

X = 1,63 T/ha

X = 1,63 T/ha → 1625 kg/ha

11625 kg/ha _ 100 %

X _ 1%

X = 16,3 kg N/ha

Disponibilidad

Suelo = 16,3 kg N/ha

Requerimiento = 100 kg N/ha

Falta = **83,7 kg N/ha**

Urea aplicada en la parcela 148 kg (100%)

Fosfato diamónico aplicada en la parcela 94 kg (100%)

Blaukorn classic aplicada en la parcela 202 kg (100%)

Urea = 46%

Fosfato diamónico 18%

Blaukorn classic = 12%

100 kg de Urea _ 46 kg de N

148 kg de Urea _ X

X = 68,08 kg de N en (100%)

100 kg de Fosfato diamónico _ 18 kg de N

94 kg de Fosfato diamónico _ X

X = 16,92 kg de Fosfato diamónico en (100%)

100 kg de Blaukorn classic _ 12 kg de N

148 kg de Blaukorn classic _ X

X = 21,6 kg de Blaukorn classic en (100%)

Total, de Nitrogeno para la aplicación = 106,6 kg de Urea aplicado en (100%)

Requerimiento = 100 kg N/ha

Disponible por el suelo = 16,3 kg N/ha

Oferta por los fertilizantes = 106,6 kg N/ha

Disponible de nitrógeno entre suelo y fertilizante = 122,9 kg N/ha

Requerimiento = 100 kg N/ha

Exceso = 22,9 kg N/ha

FÓSFORO

Calculo de masa del suelo.

D.A. × Volumen del suelo

$$1,3 \text{ T/m}^3 \times 2500 \text{ m}^3 = 3250 \text{ T}$$

$$3250 \text{ T} \times 1000 \text{ kg} = 3250000 \text{ kg}$$

Contenido de fósforo en el suelo.

1,4 ppm

Convertimos ppm a mg/kg.

1 ppm es igual a 1 mg/kg

$$1,4 \text{ ppm} = 1,4 \text{ mg/kg}$$

$$3250000 \text{ kg} \times 1,4 \text{ mg/kg}$$

$$4550000 \text{ mg} \rightarrow 4,55 \text{ kg}$$

X = 4,55 kg P/ha

Disponibilidad:

Suelo = 4,55 kg P/ha

Requerimiento = 50 kg P/ha

Falta = **45,45 kg P/ha**

Fosfato diamónico aplicado en la parcela 94 kg (100%)

Blaukorn classic aplicada en la parcela 202 kg (100%)

Fosfato diamónico = 46%

Blaukorn classic = 8%

100 kg de Fosfato diamónico _ 46 kg de P

94 kg de Fosfato diamónico _ X

X = 43,24 kg de P (en 100%)

100 kg de Blaukorn classic _ 8 kg de P

148 kg de Blaukorn classic _ X

X = 14,4 kg de P (en 100%)

Fosforo total = 57,64 kg de fosforo aplicado en el cultivo de papa en tratamiento del 100%

Requerimiento = 50 kg P/ha

Disponibile por el suelo = 4,55 kg P/ha

Oferta por los fertilizantes = 57,64 kg P/ha

Disponibile de fósforo entre suelo y fertilizante = 62,19 kg P/ha

Requerimiento = 50 kg P/ha

Exceso = 12,19 kg N/ha

POTASIO

Calculo de masa del suelo.

D.A. × Volumen del suelo

$$1,3 \text{ T/m}^3 \times 2500\text{m}^3 = 3250 \text{ T}$$

$$3250 \text{ T} \times 1000 \text{ kg} = 3250000 \text{ kg}$$

Contenido de fósforo en el suelo.

0,5 ppm

Convertimos ppm a mg/kg.

1 ppm es igual a 1 mg/kg

$$0,5 \text{ ppm} = 0,5 \text{ mg/kg}$$

$$3250000 \text{ kg} \times 0,5 \text{ mg/kg}$$

$$1625000 \text{ mg} \rightarrow 1,63 \text{ kg}$$

X = 1,63 kg K/ha

Disponibilidad:

Suelo = 1,63 kg K/ha

Requerimiento = 140 kg K/ha

Falta = **138,37 kg K/ha**

Cloruro de potasio aplicado en la parcela 202 kg (100%)

Blaukorn classic aplicada en la parcela 202 kg (100%)

Cloruro de potasio = 60%

Blaukorn classic = 16%

100 kg de Cloruro de potasio _ 60 kg de K

202 kg de Cloruro de potasio _ X

X = 121,2 kg de K (en 100%)

100 kg de Blaukorn classic _ 16 kg de K

148 kg de Blaukorn classic _ X

X = 28,8 kg de K (en 100%)

Potasio total = 150 kg de potasio aplicado en el cultivo de papa en tratamiento del 100%

Requerimiento = 140 kg K/ha

Disponible por el suelo = 1,63 kg K/ha

Oferta por los fertilizantes = 150 kg K/ha

Disponible de fósforo entre suelo y fertilizante = 151,63 kg K/ha

Requerimiento = 140 kg K/ha

Exceso = 11,63 kg K/ha

Anexo 13. Resultados del análisis químico físico del suelo de la comunidad San Jose de Tiahuanacu

Parámetros		Resultados	Unidades
TEXTURA	Arena	12	%
	Arcilla	68	%
	Limo	20	%
pH			7,77
Conductividad eléctrica		0,84	dS/m
Materia orgánica		0,1	%
Fósforo		1,4	ppm
Aluminio		0	meq/100g
Potasio		0,5	ppm
Nitrogeno		0,5	%
Magnesio		0,1	ppm
Sodio		0,08	ppm
Bases totales		0,45	meq/100g
C.I.C		0,45	meq/100g

Anexo 14. Precios según la categoría de dos variedades de papas nativas

Categorías	Prec. (Bs/@)	
	Imilla Negra	Pinta Boca
Primera	40	45
Segunda	35	40
Tercera	26	37
Cuarta	20	25