

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



TESIS DE GRADO

**PRODUCTIVIDAD DE CULTIVARES DE PAPA NATIVA EN
FUNCIÓN A LA MORFOLOGÍA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL
DE KALLUTACA**

Por:

Vicenta Machaca Salas

EL ALTO – BOLIVIA

Octubre, 2024

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

**PRODUCTIVIDAD DE CULTIVARES DE PAPA NATIVA EN FUNCIÓN A LA
MORFOLOGÍA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniera Agrónoma*

Vicenta Machaca Salas

Asesores:

Lic. Ing. Félix Marza Mamani

Lic. Ing. Paulino Bruno Condori Ali

Tribunal Revisor:

Dr. Lic. Ing. Francisco Mamani Pati

Lic. Ing. Soledad Chavez Vино

M. Sc. Lic. Ing. Ciro Raúl Quiape Callocosi

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

A Dios, por guiar mi vida y darme la oportunidad de seguir adelante.

A mis padres Lorenzo Machaca Machaca y Angelica Salas Huanca, ellos siempre me enseñó que con la humildad y sencillez podemos llegar al éxito, que nada es imposible en la vida, y por el esfuerzo que me brindaron durante mi vida Universitaria y por acompañarme a cada paso que daba.

A mis hermanos (as) Edgar Francisco, Concepción, Agustina, Daniel y Adolfo gracias por brindarme ese apoyo moral que necesitaba en los momentos difíciles de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi eterno agradecimiento a Dios, por haber llegado a este punto de mi formación profesional.

A mi familia, razón por lo cual deseo expresar un profundo agradecimiento especialmente a mis padres, quien siempre me incentiva estudiar y me enseñó que todo es posible en la vida.

A la casa superior de estudio Universidad Pública de El Alto, Carrera de Ingeniería Agronómica del Área de Ciencias Agrícolas Pecuaria y Recursos Naturales, por la formación de mi vida profesional y a todos los docentes que estuvieron en la etapa de mi formación académica brindándome sus conocimientos, sabidurías y experiencias.

Mi más sincero agradecimiento a mis asesores Lic. Ing. Félix Marza Mamani e Lic. Ing. Paulino Bruno Condori por el gran apoyo que me brindaron en el presente trabajo de investigación y por darme consejos muy agradecidamente.

A mis tribunales revisores, Dr. Lic. Ing. Francisco Mamani Pati, M.Sc. Lic. Ing. Ciro Raul Quiape Callocosi e Lic. Ing. Soledad Chávez Vино por compartir valiosos tiempos por sus observaciones y sugerencias en la revisión de este trabajo, por lo cual agradezco infinitamente por su colaboración.

A mis grandes amigos y amigas, por su gran amistad, por el apoyo moral y momentos compartidos a Deysi, Leonela, Esther y Felix Condori por acompañarme durante la formación profesional, brindándome su amistad, confianza, apoyo y sobre todo compañerismo durante proceso de investigación, y muchas gracias.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Origen.....	5
2.2. Importancia de la papa nativa	6
2.3. Producción de papa en Bolivia.....	7
2.4. Clasificación taxonomía de papa	7
2.5. Morfología de la planta de papa.....	7
2.5.1. Fenología de la papa.....	11
2.5.2. Fases fenológicas de papa	11

2.6.	Hábito de crecimiento	12
2.7.	Requerimientos del cultivo	13
2.8.	productividad de papa nativa	14
2.9.	Factores que Afectan la Productividad.....	14
2.10.	Monitoreo de factores físicos	15
2.10.1.	Helada	15
2.10.2.	Clasificación de las heladas por su origen.....	15
2.10.3.	Efectos de las heladas sobre los cultivos	16
2.10.4.	Efectos de las heladas en el cultivo de papa.....	16
2.10.5.	Helada por advección.....	16
2.10.6.	Granizo	17
2.11.	Importancia de la Productividad de Papa Nativa.....	18
2.12.	Germoplasma	18
2.13.	Accesiones	18
2.14.	Recursos genéticos	19
2.15.	Conservación de recursos fitogenéticos.....	19
2.16.	Erosión genética; pérdida de variedades nativas	19
2.17.	Caracterización y evaluación	20
2.17.1.	Caracterización	20
2.17.2.	Evaluación	21
2.18.	Caracterización Agronómica	21
2.19.	Caracterización Morfológica.....	21
2.20.	Almacenamiento.....	22
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1.	Localización	23
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	23

3.1.2.	Características Edafoclimáticas	24
3.1.3.	Clima.....	24
3.1.4.	Suelo.....	24
3.1.5.	Vegetación	24
3.2.	Materiales	24
3.2.1.	Material de estudio.....	24
3.2.2.	Material de escritorio	25
3.2.3.	Material de campo.....	25
3.3.	Metodología	25
3.3.1.	Preparación del terreno.....	25
3.3.2.	Selección de semilla	27
3.3.3.	Siembra.....	27
3.3.4.	Labores culturales.....	28
3.3.5.	Identificación o marbeteo	28
3.3.6.	Aporques.....	28
3.3.7.	Control de maleza	29
3.3.8.	Cosecha.....	29
3.4.	Diseño experimental	30
3.5.	Variables de respuesta	30
3.5.1.	Variables cualitativas.....	30
3.5.2.	Variables cuantitativas	33
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1.	Datos meteorológicos	34
4.1.1.	Temperatura y precipitación	34
4.2.	Características morfológicas cualitativas	35
4.2.1.	Características de la planta	36

4.2.2.	Característica del tubérculo.....	39
4.3.	Análisis estadísticos cuantitativas.....	43
4.4.	Factores adversos.....	49
4.5.	Caracterización de muestras de papa nativa en Estación Experimental Kallutaca en la campaña 2022- 2023.....	51
4.6.	Análisis de conjunto entre variables cualitativas.....	59
4.7.	Análisis de conjunto entre variable cuantitativa.....	62
4.8.	Análisis de correspondencia múltiple de variables cualitativas.....	64
5.	CONCLUSIONES.....	69
6.	RECOMENDACIONES.....	70
1.	ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de habito de planta y color de tallo evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca	36
Cuadro 2. Estadística descriptiva de la habito de planta y color de hoja evaluadas.....	36
en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca	36
Cuadro 3. Estadística descriptiva de la forma de alas del tallo y habito de planta evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca.....	37
Cuadro 4. Estadística descriptiva de la forma de la base del foliolo terminal y forma de la corola de la flor evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca	38
Cuadro 5. Estadística descriptiva de la forma de la corola de la flor y color de las flores evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca.....	38
Cuadro 6. Estadística descriptiva del color predominante de la pulpa del tubérculo y color predominante de la piel evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca.....	39
Cuadro 7. Estadística descriptiva del color secundario de la pulpa y color secundario de la superficie de la piel evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca	40
Cuadro 8. Estadística descriptiva de la distribución del color secundario de la piel tubérculo y distribución del color secundario de la pulpa evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca.....	41
Cuadro 9. Estadística descriptiva de la profundidad de ojos e intensidad del color predominante de la piel evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca	42
Cuadro 10. Estadística descriptiva de la profundidad de ojos y forma de tubérculos evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca.....	42

Cuadro 11. Estadística descriptiva de días de emergencia (DE), días de la floración (DF), altura de planta (AP), número de tallo (NTL), número de flores (NF) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca	43
Cuadro 12. Estadística descriptiva de número de tubérculo (NDT), peso de tubérculo (PDT), número de ojos de tubérculo (NOT), rendimiento (RDTO) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca	47
Cuadro 13. Análisis de los resultados de correlación en diagnóstico de las variables cualitativas evaluadas en la campaña agrícola 2022 -2023 de la Estación Experimental de Kallutaca	59
Cuadro 14. Análisis de los resultados de correlación en diagnóstico de la variable cuantitativa evaluadas en la campaña agrícola 2022 -2023 de la Estación Experimental de Kallutaca	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desarrollo fenológico de cultivo de papa (Quintana, 2018).....	11
Figura 2. Ubicación geográfica de la campaña agrícola 2022-2023 en la Centro Experimental de Kallutaca (UPEA)	23
Figura 3. a) Se puede observar la actividad como el roturado del terreno; b) se llevó a cabo la preparación del terreno	26
Figura 4. a) Se muestra la caracterización de semilla de las diferentes accesiones de papa nativa para la siembra; b) La selección de semillas para la siembra es importante porque asegura la calidad y viabilidad del cultivo.....	27
Figura 5. a) Introducir semillas al suelo es crucial para iniciar la germinación y el desarrollo de las plantas, permitiendo que absorban nutrientes y aguas esenciales para su crecimiento b) Cubrir los tubérculos de cada surco es esencial para protegerlos de condiciones adversas, asegurar una adecuada germinación y fomentar el crecimiento saludable de las plantas.....	28
Figura 6. Análisis de correspondencia de la variable color de tallo (CT), habito de planta (HP) y forma de la base de foliolo terminal (FBF).....	64
Figura 7. Análisis de correspondencia múltiple para las variables color de las flores (CF), forma de la corola de la flor (FC) y habito de planta (HP).....	65
Figura 8. Análisis de correspondencia múltiple para las variables forma de la corola de la flor (FC), forma general de tubérculo (FGT) y profundidad de ojos (PO).....	66
Figura 9. Análisis de correspondencia para las variables color de las flores (CF), color predominante de la piel (CPP) y color predominante de la pulpa (CPU)	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Croquis	76
Anexo 2.	Ubicación geográfica del trabajo de campo.....	77
Anexo 3.	Preparación de terreno de parcela	78
Anexo 4.	Siembra	79
Anexo 5.	Cuidado del cultivo.....	80
Anexo 6.	Recolección de datos.....	82
Anexo 7.	Cosecha del tubérculo	83
Anexo 8.	Material de caracterización del tuberculo	84
Anexo 9.	Caracterización de tuberculo de papa nativa.....	86

ABREVIATURAS

CIP	Centro Internacional de la Papa
CIPCA	Centro de Investigación y Promoción del Campesinado
IBCE	Instituto Boliviano de Comercio Exterior
INE	Instituto Nacional de Estadística
cm	Centímetro
kg	Kilogramo
km	Kilometro
m	Metro
g	Gramo
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
DBCA	Diseño de Bloques Completamente al Azar
ADN	Acido desoxirribonucleico
ha	Hectárea

RESUMEN

El presente trabajo de tesis, se realizó con el objetivo de evaluar la productividad de la papa nativa en función a la morfología con las 24 accesiones en la Estación Experimental de Kallutaca dependiente de la Carrera Ingeniería Agronómica de la UPEA.

Bolivia, un centro primordial para la domesticación de la papa, alberga una gran diversidad de cultivares nativos cruciales para la seguridad alimentaria de las comunidades rurales. Sin embargo, la producción enfrenta desafíos debido a eventos climáticos adversos que han reducido significativamente los rendimientos. La morfología de la papa, influenciada por factores genéticos y ambientales, es esencial para su adaptación y productividad. Estudiar esta morfología es vital para conservar la diversidad genética y mejorar las variedades comerciales.

La investigación se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca, en el municipio de Laja, La Paz, a una altitud de 3908 metros sobre el nivel del mar. Esta área tiene un clima de altiplano con temperaturas promedio de 7.1°C y precipitaciones anuales de 613.1 mm. Los suelos son franco-arcillosos con un pH de 6.4 a 6.8, y la vegetación incluye especies nativas y cultivadas como papa, quinua y trigo.

Se evaluaron 24 accesiones de papa nativa obtenidas del banco de germoplasma de la Universidad Pública de El Alto. El terreno fue preparado en cuatro bloques de 17 m por 4 m, con arado, rastreo y nivelación manual. La evaluación permitió determinar la productividad y morfología de las accesiones, destacando que las accesiones 007, 029, 042, 018, 011 y 028 florecieron más rápidamente, en 60 días. Se observaron días de emergencia que variaron entre 30 y 45 días post-siembra, y una notable diversidad morfológica influenciada por factores ambientales y la calidad de la semilla.

La caracterización de las accesiones, realizada mediante descriptores en condiciones controladas, facilitó la identificación de similitudes y diferencias morfológicas. Esta caracterización es esencial para estimar la variabilidad genética y evaluar el potencial para el mejoramiento. Las accesiones con mayor potencial de productividad identificadas fueron 005, 002, 032, 015, 022, 043 y 007, evidenciando una variabilidad significativa en las características cualitativas y un alto potencial para mejoramiento futuro.

ABSTRACT

This thesis aimed to evaluate the productivity of native potatoes based on morphology using 24 accessions at the Kallutaca Experimental Station, affiliated with the Agricultural Engineering Department of UPEA.

Bolivia, a crucial center for potato domestication, hosts a vast diversity of native cultivars essential for the food security of rural communities. However, production faces challenges due to adverse climatic events that have significantly reduced yields. The morphology of potatoes, influenced by genetic and environmental factors, is vital for their adaptation and productivity. Studying this morphology is critical for preserving genetic diversity and improving commercial varieties.

The research was conducted at the Kallutaca Experimental Station in the municipality of Laja, La Paz, at an altitude of 3,908 meters above sea level. This area has an Altiplano climate with average temperatures of 7.1°C and annual precipitation of 613.1 mm. The soils are clay-loam with a pH of 6.4 to 6.8, and the vegetation includes native and cultivated species such as potatoes, quinoa, and wheat.

Twenty-four native potato accessions from the germplasm bank of the Universidad Pública de El Alto were evaluated. The land was prepared in four blocks of 17 m by 4 m, with plowing, harrowing, and manual leveling. The evaluation determined the productivity and morphology of the accessions, highlighting that accessions 007, 029, 042, 018, 011, and 028 flowered more quickly, in 60 days. Emergence days ranged from 30 to 45 days post-planting, with notable morphological diversity influenced by environmental factors and seed quality.

Characterization of the accessions, performed using descriptors under controlled conditions, facilitated the identification of morphological similarities and differences. This characterization is essential for estimating genetic variability and assessing potential for improvement. The accessions with the highest productivity potential identified were 005, 002, 032, 015, 022, 043, and 007, demonstrating significant variability in qualitative characteristics and high potential for future improvement.

1. INTRODUCCIÓN

Bolivia es uno de los países más ricos en biodiversidad y forma parte del genocentro andino de origen y domesticación de cultivos importantes como la papa cultivada y el punto de origen de la domesticación se encuentran en el área central de los Andes de Bolivia y Perú. En la región Andina aún existe una amplia diversidad de cultivares nativos de papa concentrados en microcentros de diversidad mantenidos por familias campesinas conservacionistas (Cadima *et al.*, 2013).

La seguridad alimentaria de las familias rurales de los Andes de bajos recursos ha dependido en gran medida de su capacidad para mantener sus propios cultivos y aprovechar la resiliencia que han ganado a lo largo del tiempo. Las comunidades indígenas de los Andes han contribuido al desarrollo económico rural y a la preservación de los cultivos nativos, especialmente la papa nativa, a través de un sistema de cultivo tradicional llamado parcelas. Este sistema favorece la resiliencia de los recursos fitogenéticos y los saberes locales (Rosero *et al.*, 2020).

En la campaña agrícola 2022 – 2023, en el altiplano se han presentado eventos climáticos adversos, la sequía de invierno se ha prolongado hasta mediados de diciembre de 2022, esto ha ocasionado que las siembras se hayan retrasado y muchos cultivos han sido sembrados en terreno seco, desde mediados de diciembre hasta mediados de enero hubo lluvias torrenciales que ayudo a la germinación de los cultivos. El 14 de enero de 2023, los cultivos en casi todo el altiplano fueron quemadas por una helada fuerte que arrasó con todos los cultivos que ya habían emergido, posterior a este evento climático, las lluvias ya no fueron continuas, en algunas zonas se han recuperado los cultivos y en otras se han perdido casi la totalidad, desde CIPCA se estima que hubo una pérdida superior al 60% en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí (Ticona, 2023).

El consumo per cápita de la papa en Bolivia es alrededor de 108 Kg*año⁻¹, lo que representa aproximadamente 1.3 millones de toneladas de demanda anual de papa. Bolivia produce aproximadamente 1.27 millones de toneladas, importa aproximadamente 16 mil toneladas (principalmente papa conservada), dejando un déficit mayor a 11 mil toneladas que puede estar cubierto por el contrabando (Quenta, 2022).

En la campaña agrícola 2020 – 2021, según los datos del INE, Bolivia ha alcanzado la producción de papa de 1.272.649 toneladas en una superficie total de 191.321 (hectáreas),

alcanzando el rendimiento promedio de 6.65 t/ha^{-1} , siendo que en la Campaña agrícola 2019 – 2020 el total producido alcanzó los 1.317.923 toneladas y un rendimiento de 7.2 t/ha^{-1} (Alcon, 2023).

1.1. Antecedentes

Las papas nativas presentan diversidad de formas, colores de piel y pulpa de tubérculo, así como variación en flores y otros caracteres morfológicos. En crecimiento, color del tallo, color primario de la flor, color secundario de la flor, grado de floración, forma del tubérculo, distribución del color secundario del tubérculo y profundidad de ojos (González *et al.*, 2014).

Según Bautista (2023), los agricultores reconocen diferentes características de cada una de las variedades de papa, tanto en planta, flores como en sus tubérculos y, al mismo tiempo, están en constante evaluación sobre su comportamiento en las condiciones de diferentes agroecosistemas. Dichas características de los cultivares de papa nativa están muy influenciados por el efecto de la localidad como las condiciones 10 climáticas predominantes, tipos de suelos, el comportamiento frente a los factores bióticos, diferentes formas de uso, la cultura vivenciada en la crianza, entre otras.

La forma del tubérculo, profundidad y número de ojos, color primario y secundario (piel y pulpa), distribución del color secundario y el color del brote basándose en descriptores de papa y las variables cuantitativas peso fresco, longitud, diámetro basal, diámetro apical. Los resultados permiten diferenciar las papas amargas (Alcon *et al.*, 2019).

1.2. Planteamiento del problema

La presente investigación, realizada se enfoca en la productividad de los cultivares de papa nativa en función a la morfología, es el primer estudio de este tipo realizado en el Centro Experimental de Kallutaca. Con la finalidad determinar cómo las características morfológicas de los tubérculos que afectan a su rendimiento y productividad, estableciendo así una base para futuras investigaciones y mejoras en las prácticas agrícolas de la región.

El cultivo de papa abarca una amplia gama de ecotipos cultivados en varias regiones, cada uno de los cuales exhibe características morfológicas distintas determinadas por sus condiciones ambientales específicas y su composición genética. La variabilidad en las características morfológicas entre los cultivares de papa nativa abarca un espectro de rasgos, que incluyen, entre otros, la altura de la planta, la forma de las hojas, el tamaño del

tubérculo, el color de la piel y los patrones de floración. Estos rasgos sirven como manifestaciones visibles de la diversidad genética subyacente y las estrategias de adaptación de los cultivares de papa a sus respectivos entornos.

Uno de los desafíos críticos que afectan al cultivo de papas nativas en la época contemporánea es el creciente impacto del cambio climático. Este fenómeno ambiental trae consigo un sinnúmero de adversidades, entre ellas eventos meteorológicos extremos como granizadas, heladas, fuertes vientos, tormentas y fuertes lluvias. Estas perturbaciones climáticas causan estragos en los procesos de desarrollo de las papas, impidiendo su crecimiento morfológico adecuado y, en última instancia, provocando efectos perjudiciales sobre la productividad y el rendimiento de los tubérculos.

La productividad del cultivo de papa nativa es de vital importancia para garantizar la seguridad alimentaria de las poblaciones que dependen de este cultivo como fuente de alimento. Además, la papa nativa es un componente importante de la cultura y las tradiciones de muchas comunidades rurales. El aumento de la productividad de este cultivo puede contribuir al desarrollo económico y social de estas comunidades.

La morfología de la papa nativa está influenciada por factores genéticos y ambientales. La selección natural ha favorecido el desarrollo de variedades con características morfológicas que les permiten adaptarse a las condiciones ambientales específicas de cada región. Por ejemplo, las variedades que se cultivan en altitudes elevadas suelen tener tubérculos más pequeños y piel más gruesa que las variedades que se cultivan en altitudes más bajas.

Es importante tener en cuenta que las características específicas de una variedad pueden depender de las condiciones ambientales en las que se cultiva. Al evaluar una variedad en condiciones de cultivo específicas, es necesario prestar atención a los caracteres que dependen de las condiciones ambientales locales, ya que los caracteres más estables se pueden obtener de otros lugares donde se haya cultivado la variedad. Algunas de las principales características a tener en cuenta en una variedad de papa son el rendimiento, la emergencia, el desarrollo vegetativo, el número de tallos, la iniciación de la tuberización, la madurez o duración del ciclo y el número medio de tubérculos por planta.

1.3. Justificación

El presente trabajo tiene como finalidad contribuir el conocimiento del cultivo de la papa nativa, para rescatar y conocer de manera más detallada su morfología. Cada especie de papa nativa presenta características morfológicas propias, las cuales incluyen la forma y pigmentación de las hojas, en el color de tallos y en las flores, la presencia o ausencia de pubescencia en los tallos, la forma de los frutos, así como el tamaño, forma y color del tubérculo.

La importancia de este estudio radica en la necesidad de preservar y aprovechar la diversidad genética de las papas nativas, que son una fuente invaluable de características deseables para el mejoramiento de variedades comerciales. Además, al establecer una relación entre la morfología de los tubérculos y su productividad, se podrán identificar aquellos cultivares que presenten un mayor potencial de rendimiento.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar la productividad de la papa nativa en función a la morfología con las 24 accesiones en el Centro Experimental de Kallutaca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la productividad de la papa nativa en función a la morfología de tubérculos.
- Identificar materiales promisorios en función al criterio de la productividad.

1.5. Hipótesis

- No existe diferencia significativa en la morfología de 24 accesiones de papa nativa en el centro experimental de kallutaca.
- Existen diferencias significativas en la caracterización morfología de tubérculos y en la productividad de las 24 accesiones de papa nativa.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen

Bolivia es uno de los principales centros de origen, diversificación y domesticación de numerosas especies y variedades de papas nativas. La adaptación de este cultivo a diferentes pisos agroecológicos, su tolerancia a condiciones muchas veces extremas y la calidad diferenciada según sus variados usos, representa un importante componente de la estrategia de supervivencia (seguridad alimentaria) de la población (Fabian, 2023).

Las primeras papas cultivadas fueron en período notable que abarca hace entre 6.000 y 10.000 años, predominantemente en el terreno accidentado de las montañas de los Andes. Aquí, en medio de grandes altitudes y suelos fértiles, los antiguos agricultores se embarcaron en un viaje transformador de reproducción selectiva, perfeccionando diligentemente las características de este humilde tubérculo. A través de generaciones de cultivo meticuloso, surgió una amplia gama de variantes de papa, cada una diseñada para satisfacer las necesidades y preferencias específicas de sus cultivadores (Rodríguez 2017).

El Centro para la Investigación Internacional de la Papa (CIP) destaca la invaluable contribución de los agricultores andinos en el cultivo y conservación del germoplasma de la papa nativa, un recurso precioso y dotado de un inmenso potencial. A pesar de su importancia, esta riqueza genética sigue estando en gran medida desaprovechada por los programas de mejoramiento genético dentro de los países de origen, a saber, Perú y Bolivia (Quintana, 2018).

En Bolivia, la rica diversidad de la papa, cultivada y refinada a lo largo de innumerables generaciones por nuestros ancestros, es un testimonio del legado duradero de la gestión agrícola indígena. Esta invaluable riqueza genética, que tiene sus orígenes en tierras ancestrales, se conserva meticulosamente en un terreno accidentado, gracias al esfuerzo de las familias aymaras y quechuas (Rojas *et al.*, 2022).

La papa es una piedra angular de la productividad agrícola y el sustento en la región andina, y se mantiene como un pilar fundamental tanto de la dieta como de la economía dentro de los hogares campesinos. En el terreno ondulado de los Andes, este tubérculo versátil reina de manera suprema, ocupando una posición destacada como la especie más cultivada,

principalmente destinada tanto al consumo en fresco como a la conservación mediante métodos tradicionales como la deshidratación del chuño y la tunta (Devaux *et al.*, 2015).

Antes, en Perú y Bolivia existían miles de variedades de papa nativa. Se estima que en Perú hay alrededor de 4,000 variedades, mientras que Bolivia cuenta con aproximadamente 1,500. Estas variedades se diferencian en sabor, color, textura y adaptabilidad a diferentes altitudes y climas, lo que las hace muy valiosas tanto cultural como agrónomicamente (Quintana, 2018).

La papa (*Solanum tuberosum*), conocida como Ch'uqe en el mundo aymara, es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, después del arroz, el maíz y el trigo, aporta con la mayor cantidad de carbohidratos en la dieta alimentaria de millones de personas en los países en desarrollo, de Sudamérica, África, y el continente asiático. En Bolivia se tiene registrado la producción de aproximadamente 230 variedades de las 4500 variedades existente en el mundo (Ticona, 2023).

2.2. Importancia de la papa nativa

El excepcional valor nutricional del tubérculo de la papa lo convierte en un elemento indispensable en la dieta humana. Rico en carbohidratos, constituyendo aproximadamente el 75% del contenido total de materia seca, la papa proporciona una fuente de energía sustancial y sostenida. Esta característica la convierte en un alimento fundamental para mantener niveles óptimos de actividad física y funcionalidad cognitiva. La papa es una fuente rica y diversa de minerales vitales para el mantenimiento de la salud. Entre ellos se encuentran el cobre (Cu), fósforo (P), potasio (K), hierro (Fe), zinc (Zn), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cuya presencia fortalece el sistema inmunológico, promueve la salud (Burgos, 2019).

Según estudios desarrollados por el Centro Internacional de la Papa, este producto andino contiene hierro y zinc, elementos que elevan el coeficiente intelectual de las personas que consuman este producto además de crear defensas para resfríos por su alto valor de vitamina C. La consultora técnica del proyecto de Innovación, Seguridad y Soberanía Alimentaria de la región de los Andes la importancia del valor nutritivo que tienen las papas nativas, esas pequeñas y de color, donde 17 investigaciones demostraron su importancia dentro de la alimentación humana (Charca, 2018a).

La papa es un componente alimenticio esencial en la dieta de consumo de los hogares bolivianos y se ha evidenciado en algunos episodios de escasez de este alimento, ha impactado de manera muy influyente en la tasa de inflación de alimentos, es decir que tiene un peso e incidencia importante en la canasta de alimento al interior (Alcon *et al.*, 2019).

Las papas básicamente se ven como carbohidratos, pero no son solo eso. Hay que ver su composición en cuanto al porcentaje de materia seca y agua. En el caso de la papa nativa, esta representa más sólido (algunas hasta 36%), pero no produce mucho como las papas más populares, como la blanca (20%, aproximadamente). Las papas nativas secas y arenosas tienen componentes como el hierro y el zinc y mejores niveles de proteínas (Chacón, 2020).

2.3. Producción de papa en Bolivia

El Altiplano produce variedades Andígenas (nativas), como Huaycha, Sani imilla, Imilla negra, Imilla blanca que son las de mayor importancia. Los rendimientos son relativamente bajos pudiendo ser entre 4 y 14 tn/ha. El agua para la producción es de lluvia. Estas zonas están expuestas a heladas, granizadas y sequías importantes.

Noviembre y diciembre constituyen la época más importante para la siembra grande donde se puede esperar los mejores rendimientos dentro una franja de 8 a 14 tn/ha en estas condiciones (Ríos, 2016)

2.4. Clasificación taxonomía de papa

Según Avalos (2022), la papa tiene la siguiente clasificación taxonómicas: Reino: *Plantae* Familia: *Solanaceae*, Género: *Solanum*, y Nombre científico: *Solanum tuberosum*.

2.5. Morfología de la planta de papa

El conocimiento de los elementos morfológicos de la planta de papa cultivada tiene aplicaciones en las necesidades técnicas de identificación, diferenciación e investigación. En términos generales, la planta de papa es un organismo de consistencia herbácea, conformada esencialmente por un sistema de tallos aéreos y subterráneos que sostienen a las estructuras que realizan las funciones de reproducción (flores), fotosíntesis (hojas) absorción (raíces) y almacenamiento (tubérculos). El sistema de tallos aéreos, está conformado por los tallos principales, tallos secundarios, ramas y tallos estoloníferos. Los tallos subterráneos son los estolones y tubérculos. El tubérculo semilla, estructura para la

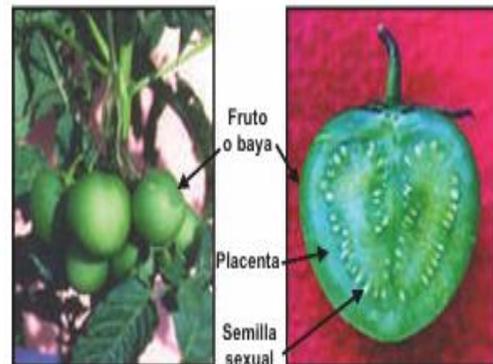
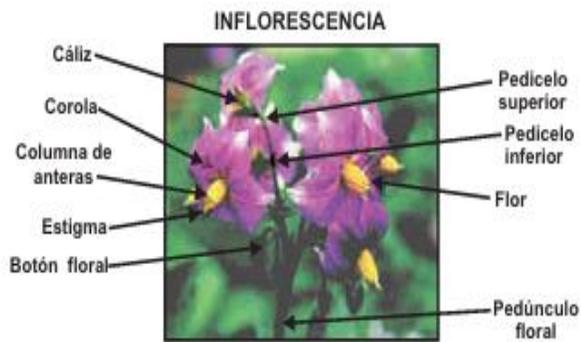
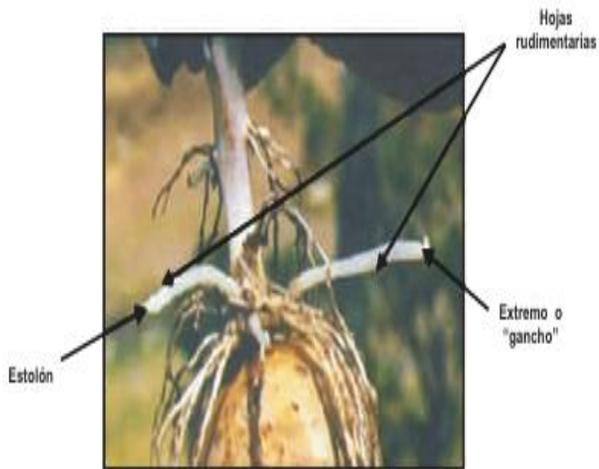
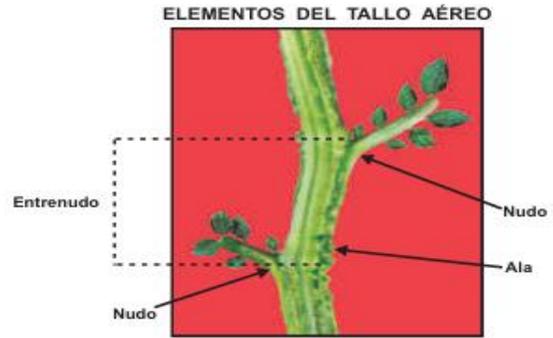
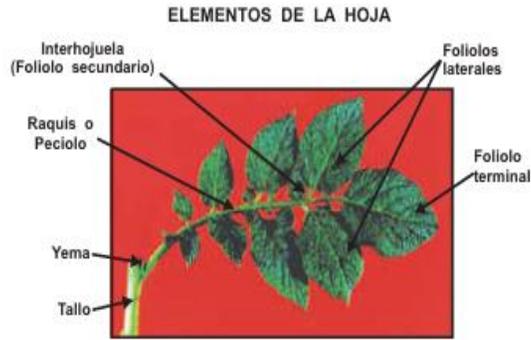
propagación vegetativa o semilla agronómica, es igualmente un tallo modificado con yemas diferenciadas en brotes (Silvera, 2018).

La botánica sistemática es la disciplina que caracteriza, categoriza y organiza las plantas en base a un conjunto de reglas que describen sus formas y estructuras. La planta de papa es un cuerpo herbáceo, es un sistema de ejes aéreos y subterráneos, que sostienen las estructuras morfológicas que cumplen las funciones básicas del crecimiento, desarrollo y producción de tubérculos. La botánica sistemática es la disciplina que caracteriza, categoriza y organiza las plantas en base a un conjunto de reglas que describen sus formas y estructuras. La planta de papa es un cuerpo herbáceo, es un sistema de ejes aéreos y subterráneos, que sostienen las estructuras morfológicas que cumplen las funciones básicas del crecimiento, desarrollo y producción de tubérculos (Condori, 2023).

- **Hoja:** Las hojas son compuestas es decir tienen un pequeño tallito (raquis) y varios folíolos, su función principal es realizar la fotosíntesis (formación de almidón) y la respiración. Una planta con buen follaje producirá tubérculos de buena calidad.
- **Tallo:** La función del tallo es transportar los nutrientes y dar soporte a las hojas; la papa consta de tallos principales que nacen del mismo tubérculo y que a su vez forman tallos laterales. Presentan tres tipos de tallos, uno aéreo, circular o angular en sección transversal, sobre el cual se disponen las hojas compuestas y dos tipos de tallos subterráneos: los rizomas y los tubérculos (Bastos, 2015).
- **Raíz:** Las raíces son ramificadas, crecen en la base de cada brote (guía), son variadas, encontramos delicadas y superficiales, pero también fibrosas y profundas, en comparación con otros cultivos la papa tiene un sistema radicular débil por eso necesita un suelo de muy buenas condiciones. Sus funciones son fijar a la planta al suelo y absorber agua y nutrientes (Bastos, 2015).
- **Estolón:** Los estolones son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de las yemas de la parte subterránea de los tallos, pueden tubérculos mediante formar un agrandamiento de su extremo, sin embargo, no todos los estolones llegan tubérculo. Tener en cuenta a formar que un estolón no cubierto con tierra puede convertirse en un tallo con follaje normal (Bastos, 2015).
- **La flor:** Las flores de papa contienen los órganos sexuales masculino (anteras, con polen) y femenino (pistilo), están ubicadas sobre el pedúnculo dividido en dos

ramas, usualmente las flores nos sirven también para diferenciar las variedades de papa (Bastos, 2015).

- **Fruto:** Pedicelo superior Pedicelo inferior Flor Pedúnculo floral Después de polinizado el pistilo se desarrollan las bayas (ulunshi) la cual contiene numerosas semillas que al sembrarse también producen papas, el fruto es generalmente esférico, de color verde o con pigmentaciones diversas.
- **Las semillas** son conocidas como semilla verdadera o botánica, esto para poder distinguirlas de los tubérculos semilla. Los agricultores no siembran la semilla botánica porque necesita de un manejo más cuidadoso y además porque no obtendrían una variedad pura (Bastos, 2015).



Fuente: Bautista (2023).

2.5.1. Fenología de la papa

El crecimiento fenológico del cultivo de papa se inicia con el brotamiento del tubérculo y finaliza con la madurez fisiológica del cultivo, que es cuando se inicia la cosecha. Durante su crecimiento y desarrollo, la planta sufre una serie de eventos o fases a nivel de los órganos vegetativos y reproductivos referidos a la aparición, transformación y caída de estos (Quintana, 2018)

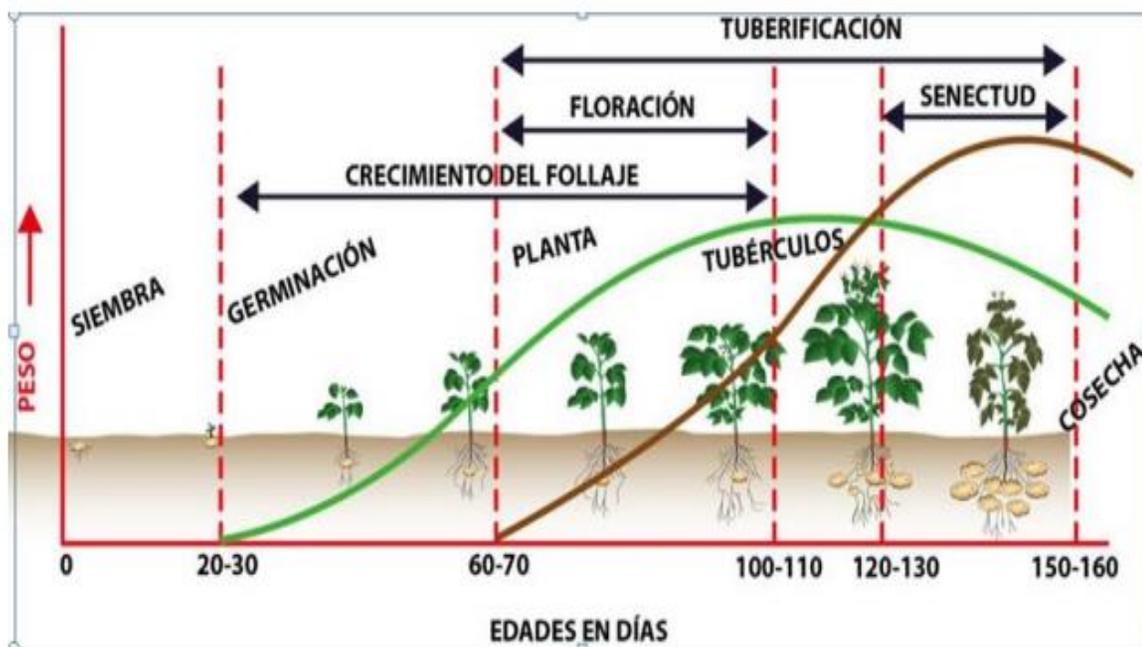


Figura 1. Desarrollo fenológico de cultivo de papa (Quintana, 2018).

2.5.2. Fases fenológicas de papa

- **Brotación:** La germinación de las semillas de papa puede ocurrir cuando se almacenan en la oscuridad o a media luz durante un tiempo. En muchos casos, brotes cortos de 0.2 a 0.5 cm son suficientes para un buen nacimiento. Los tubérculos de papa tienen un tamaño similar al de un huevo, midiendo entre 40 y 70 mm o pesando entre 40 y 85 gramos. Cuando se siembra la papa en un clima de calor excesivo, se recomienda realizar una pregerminación de las semillas para obtener brotes más grandes de 1.5 a 2.5 cm a media luz (Quintana, 2018).

- **Emergencia:** Ocurre a los 30 a 35 días después de la siembra, depende de la humedad y temperatura del suelo durante esta fase la plántula sobrevive de las reservas contenidas en el tubérculo madre (Blog, 2024).
- **Desarrollo vegetativo:** Una vez emergen los brotes, la planta entra en una fase de crecimiento activo, desarrollando su sistema foliar y radicular. Durante esta etapa, la planta acumula recursos que serán esenciales para la formación de los tubérculos. La nutrición y el riego adecuados son fundamentales para un desarrollo vegetativo sano (Blog, 2024).
- **Floración:** Aunque no todas las variedades de papa producen flores visibles, la floración marca el inicio de la formación de tubérculos. En este periodo, la planta comienza a transferir energía de las hojas hacia los tubérculos en desarrollo. La gestión del agua y nutrientes sigue siendo crucial para apoyar este proceso (Blog, 2024).
- **Engrosamiento de los tubérculos:** Es la fase donde los tubérculos comienzan a crecer en tamaño y acumular almidón. Esta etapa determina en gran medida el rendimiento y la calidad del cultivo (Blog, 2024).
- **Maduración:** Finalmente, las plantas comienzan a y los tubérculos alcanzan su tamaño completo y madurez fisiológica. Es el momento en que se reduce el riego para facilitar la curación de la piel de los tubérculos, preparándolos para la cosecha y almacenamiento (Blog, 2024).
- **El tubérculo:** La papa es un tallo subterráneo ensanchado con diferentes colores de acuerdo a la variedad. La papa tiene 8 ojos superficiales, semi profundas y profundas con una dormancia de 120 días aproximado.

2.6. Hábito de crecimiento

La papa es una planta herbácea cuyo comportamiento de supervivencia varía de una especie a otra y dentro de una misma especie. Cuando todas (o casi todas) las hojas cerca de la base o en la base del tallo son cortas y están cerca del suelo, se dice que la planta generalmente tiene un hábito de crecimiento arrosado o semiarrosado. Entre las demás especies se pueden encontrar otros hábitos de crecimiento (Avalos, 2022)

- **Postrado:** El tallo crece horizontalmente sobre el suelo cuando se arrastra por el suelo.
- **Decumbente:** Tallos que se arrastran pero que levantan el ápice, Dícese de lo que está inclinado, y principalmente de los tallos no erguidos y con tendencia a echarse sobre el suelo. cuando los tallos se arrastran sobre la superficie del suelo, pero mantienen la parte apical erguidos (Avalos, 2022).
- **Semierecto:** En las plantas de un hábito de crecimiento las ramas principales presentan un ángulo no tan cerrado en cuanto al tallo principal es decir un ángulo de 45 grados (Avalos, 2022).
- **Erecto:** En las plantas de hábito erecto, las ramas primarias basales presentan un ángulo bastante cerrado con el tallo principal.

2.7. Requerimientos del cultivo

- **Altitud:** Partir de los 4250 m.s.n.m. se desarrolla el cultivo de papa en diferentes techos ecológicos del país. (Potosí, Provincia de K'arojo-Bustillos), hasta 1600m.s.n.m. (Provincia de Omerek-Campero, Cochabamba) (Avalos, 2022).
- **Suelo:** Las papas tienen un sistema de raíces muy ramificado con muchas raíces pequeñas que fácilmente ocupan una profundidad de 40 cm, por lo que las papas requieren un suelo profundo, orgánico, suelto y húmedo para obtener el mejor rendimiento del suelo. 5,5 a 8,0 es decir suelos franco arenosos (Avalos, 2022).
- **Agua:** las papas requieren una gran cantidad de agua, e incluso demasiada agua puede reducir el contenido de almidón y promover el desarrollo de enfermedades. Las papas necesitan 500 a 700 mm durante la temporada de crecimiento. La evapotranspiración (consumo) total de los cultivos de papa varía de 400 a 500 mm.
- **Temperatura:** Los mayores rendimientos de papa se produjeron a temperaturas diurnas de 20 y 25 °C y temperaturas nocturnas de 10 °C y 16 °C, respectivamente, pero no fueron las más altas debido a las variaciones variables de temperatura
- **Fotoperiodo:** La luz que recibe una planta durante el día afecta la función de los cloroplastos y desencadena una serie de reacciones que involucran dióxido de

carbono y agua que ayudan a formar varios azúcares, que luego pasan a formar parte del tubérculo. Además, la luz tiene un efecto sobre la fotosíntesis y los ciclos de fotosíntesis en las plantas. El fotoperiodo corto limita el crecimiento de la planta, pero acumula más hidratos de carbono, lo que ayuda a producir más tubérculos (Avalos, 2022).

2.8. productividad de papa nativa

La productividad de la papa nativa se refiere a la cantidad de tubérculos que una planta puede producir en un área específica durante un ciclo de cultivo.

- **Peso de Tubérculos por Unidad de Área:** Generalmente se expresa en toneladas por hectárea.
- **Número de Tubérculos por Planta:** La cantidad de tubérculos que cada planta produce.
- **Tamaño de los Tubérculos:** El tamaño promedio de los tubérculos también afecta la productividad general.

2.9. Factores que Afectan la Productividad

a. Genética de la Papa Nativa

- **Variedad:** Diferentes variedades de papas nativas tienen diferentes niveles de productividad. Algunas están adaptadas para rendir mejor en ciertos climas y suelos.
- **Adaptación Local:** Las papas nativas suelen estar bien adaptadas a las condiciones específicas de su región de origen, lo que puede mejorar su productividad en esas condiciones.

b. Condiciones Ambientales

- **Clima:** Las condiciones climáticas, como la temperatura, la humedad y la luz solar, pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas de papa.
- **Suelo:** La calidad del suelo, incluyendo su textura, estructura, y pH, influye en la capacidad de las plantas para absorber nutrientes y agua.

c. Manejo Agronómico

- **Riego:** La disponibilidad y el manejo del agua afectan la salud y el rendimiento de las plantas.
- **Fertilización:** El uso adecuado de fertilizantes puede mejorar la disponibilidad de nutrientes y, por ende, la productividad.
- **Control de Plagas y Enfermedades:** El manejo efectivo de plagas y enfermedades es crucial para evitar pérdidas en el rendimiento.

d. Prácticas de Cultivo

- **Siembra:** La densidad y el espaciamiento de las plantas afectan la producción.
- **Cosecha:** El momento adecuado para la cosecha y las técnicas utilizadas impactan la calidad y cantidad de la cosecha final.

2.10. Monitoreo de factores físicos

2.10.1. Helada

se produce una helada cuando la temperatura ambiente desciende a 0°C o menos. En cambio, un enfoque agrometeorológico define a la helada como un descenso de la temperatura ambiente a niveles críticos de los cultivos y que mata los tejidos vegetales. Esta definición implica dos condiciones, las meteorológicas y las biológicas como tolerancia propia del cultivo o variedad, etapa de desarrollo, condiciones fisiológicas y sanitaria, condiciones de suelo, duración de la helada (Palacios, 2018).

2.10.2. Clasificación de las heladas por su origen

a). Helada por radiación: Se presentan en noches claras y despejadas, cuando la radiación terrestre es emitida a la atmosfera por la ausencia de nubes y por la baja concentración de vapor de agua. Se produce también en noches en calma, en ausencia de viento (Palacios, 2018).

b). Helada por evaporación: Se produce al evaporarse el agua depositada sobre las plantas, con el consiguiente enfriamiento al ser absorbido del aire el calor latente necesario para la evaporación. Si después de una precipitación desciende la humedad relativa del

aire, lo que es frecuente después del paso de un frente frío, el agua que recubre los vegetales se evapora rápidamente (Palacios, 2018).

c). Helada por advección: Se denomina advección al transporte de las propiedades de una masa de aire producido por el campo de velocidades de la atmósfera. Las heladas de advección son originadas por la presencia de grandes masas de aire frío procedentes de regiones polares.

La helada de advección se puede presentar en cualquier hora del día, con independencia del estado del cielo. Suelen afectar a amplias zonas y por sus 7 características los métodos de mitigación contra este tipo de helada acostumbran a ser ineficaces debido a la gran intensidad de los vientos y a la naturaleza masiva del enfriamiento (Palacios, 2018).

2.10.3. Efectos de las heladas sobre los cultivos

Los órganos de la planta, o la planta completa, mueren cuando son sometidos a la acción del frío suficientemente intenso y prolongado. La muerte del tejido vegetal por frío es un proceso físico-químico. El proceso se inicia cuando se alcanza la temperatura crítica de la planta, en la que ocurre congelamiento de la solución extracelular, lo que resulta en un desequilibrio con el potencial químico del agua de la solución intracelular. Este proceso genera pérdida de agua, provocando la deshidratación de la célula o congelamiento de la solución intracelular (Bioiberica, 2022).

2.10.4. Efectos de las heladas en el cultivo de papa

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) es significativamente afectado por heladas. La mayoría de las variedades cultivadas son sensibles a temperaturas inferiores a -2.5°C que producen daños visibles a nivel foliar y yemas tanto en los rendimientos como en la calidad de los tubérculos (Bioiberica, 2022).

2.10.5. Helada por advección.

Se denomina advección al transporte de las propiedades de una masa de aire producido por el campo de velocidades de la atmósfera. Las heladas de advección son originadas por la presencia de grandes masas de aire frío procedentes de regiones polares (Bioiberica, 2022).

2.10.6. Granizo

El granizo, con su bombardeo indiscriminado de gránulos de hielo, representa una amenaza importante para las actividades agrícolas, particularmente en el cultivo de cultivos delicados como el cultivo de papa. La fuerza destructiva del granizo puede causar estragos en los campos, dejando un rastro de daños bien marcados y pérdidas sustanciales en los cultivos de papa. Las ramificaciones se extienden más allá de la mera destrucción física; se manifiestan en diversos aspectos de la morfología y el rendimiento de los cultivos (Portillo, 2023).

¿Qué es el granizo?

El granizo es un fenómeno meteorológico que se manifiesta en forma de pequeñas piedras de hielo que caen desde las nubes durante una tormenta. Estas piedras, conocidas como granizo, se forman cuando gotas de agua en las capas altas de una nube se congelan al entrar en contacto con partículas de polvo o pequeñas partículas de hielo existentes en la atmósfera. Este proceso de congelación resulta en la formación de núcleos de hielo alrededor de los cuales se acumulan capas adicionales de hielo a medida que las gotas de agua siguen siendo impulsadas hacia arriba y hacia abajo dentro de la nube por las corrientes de aire ascendentes y descendentes (Portillo, 2023).

En Bolivia, sus efectos catastróficos se sienten cada vez con mayor intensidad y se manifiestan desde abundantes precipitaciones pluviales cuyas riadas se llevan todo, hasta periodos muy secos que dejan sin el líquido elemental al ganado e interrumpen drásticamente el desarrollo de las plantas. Estas constantes amenazas, sumadas a la vulnerabilidad de las poblaciones rurales, incrementan el riesgo sobre la producción y en muchos casos deriva en desastres frente a los cuales aún se ven sorprendidos e impotentes. Las consecuencias de estas alteraciones globales repercuten también en la seguridad alimentaria de la región, así como en la biodiversidad del principal producto cultivado, la papa (Jiménez *et al.*, 2014).

2.11. Importancia de la Productividad de Papa Nativa

- **Sostenibilidad:** Las papas nativas suelen ser cultivadas de manera más sostenible debido a su adaptación a las condiciones locales y su menor dependencia de insumos externos.
- **Seguridad Alimentaria:** Mejorar la productividad puede contribuir a una mayor disponibilidad de alimentos en regiones que dependen de la papa como fuente primaria de nutrientes.
- **Preservación de la Biodiversidad:** La producción de papas nativas ayuda a conservar la biodiversidad agrícola y el patrimonio cultural asociado con estos cultivos.

2.12. Germoplasma

El germoplasma de los cultivos nativos de papa ha sido conservado desde las décadas 60 en la Estación de Toralapa, actualmente en Banco Nacional de Germoplasma de Tubérculos Andinos cuenta con un total de 2056 accesiones de tubérculos y raíces andinas, siendo la colección más importante de la papa. Estas colecciones cuentan con más de 1200 accesiones entre las cuales se puede encontrar alrededor de 700 variedades diferentes provenientes de toda la zona andina del país que fueron recolectadas, clasificadas, conservadas y valorizadas (Charca, 2018).

Un banco de genes es un lugar donde se almacenan semillas, cultivos in vitro, tubérculos y raíces con el objetivo de conservar la diversidad genética de diferentes cultivos y especies relacionadas. Estos recursos genéticos tienen una contribución importante para la humanidad, ya que contienen la información genética necesaria para la investigación y el mejoramiento genético de las plantas (Avalos, 2022).

2.13. Accesiones

Las accesiones de los bancos genéticos son generalmente razas nativas o variedades tradicionales seleccionadas por un agricultor, accesión es el término utilizado para calificar toda muestra de germoplasma que presenta la variación genética de una población o de un individuo. Debe preferirse utilizar el término accesión, aunque también se ha referido como

entrada, por representar un elemento de recolección y colecta, por tratarse muestras obtenidas a través de procedimientos de colección (Charca, 2018b).

2.14. Recursos genéticos

Los recursos fitogenéticos son la suma de todas las combinaciones de genes, lo que implica que el material (germoplasma) tiene un valor económico o utilitario, tanto en el presente como en el futuro. Estos recursos se refieren a la variación hereditaria dentro y entre poblaciones de organismos, que se encuentra en los cromosomas (ADN) y es manipulada mediante tecnologías como la biotecnología y la ingeniería genética. Los recursos fitogenéticos son limitados, pero proporcionan la materia prima necesaria para el mejoramiento genético de las plantas y la producción de mejores cultivares. Su conocimiento, manejo y utilización racional son fundamentales para aprovechar su potencial y garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo agrícola sostenible.

2.15. Conservación de recursos fitogenéticos

La conservación y el manejo de los recursos genéticos es uno de los objetivos prioritarios de la investigación agrícola, tanto para la importancia actual como para las futuras generaciones. Los bancos de germoplasma desempeñan un papel fundamental en esta tarea, ya que conservan genes que son fuente de resistencia a plagas, enfermedades y condiciones ambientales adversas, y que pueden ser la solución a problemas futuros.

Existen diferentes métodos para conservar los recursos fitogenéticos. Estos pueden conservarse en su hábitat natural (conservación in situ) o en condiciones diferentes a las de su hábitat natural (conservación ex situ). También se puede combinar ambos métodos, dependiendo de las necesidades y posibilidades, así como de la especie objetivo (Charca, 2018a)

2.16. Erosión genética; pérdida de variedades nativas

En la actualidad nos enfrentamos a enormes presiones que pretenden imponer la uniformidad en vez de la diversidad, uniformidad tanto biológica como cultural, produciéndose un proceso de pérdida de biodiversidad en el caso de la pérdida de especies. Esta pérdida de biodiversidad es conocida como erosión genética y se puede definir como el proceso de pérdida de la variabilidad genética, y afecta tanto a animales terrestres y acuáticos como a vegetales y a pequeños microorganismos, es decir, no se trata sólo de la

pérdida más llamativa de ballenas, delfines o lince, sino también de esos animales, plantas y árboles que tradicionalmente han aportado el sustento de nuestras comunidades (Ramos, 2016).

La pérdida de la biodiversidad es la erosión genética o la decadencia de antiguas poblaciones botánicas de cultivos, compuesto de distintas especies y variedades. De manera muy común, definiciones como esta, han estado limitando el proceso de pérdida de las variedades con el término de erosión genética lo que ha logrado enfatizar y encerrar esta problemática en una discusión genético - técnica donde una variedad solamente es observada como una combinación de genes con potencial actual o para futuro hacia la obtención de variedades mejoradas, concepción que a la vez está acelerando mucho más este proceso

2.17. Caracterización y evaluación

La caracterización y evaluación son importantes ya que, mediante esta actividad, no solo se identifica a las accesiones a base de sus características y comportamiento frente al ambiente, sino que se puede encontrar una ampliación o un uso potencial del material disponible. Los recursos fitogenéticos se conservan para utilizarlos y ello solo es posible si se conocen sus características y posibles usos. La información que nos permite conocer el germoplasma y determinar su utilidad proviene de tomar y analizar un conjunto de datos sobre el germoplasma (Charca, 2018a)

2.17.1. Caracterización

La caracterización se realiza en una población representativa de la accesión y mediante una lista de descriptores y los instrumentos para registrarlos. El material que se va a caracterizar se siembra en el campo o en invernaderos, en parcelas debidamente identificadas y en condiciones de manejo uniformes. La información recopilada con la caracterización se basa fundamentalmente en los caracteres morfológicos, mediante los cuales se llega a identificar o caracterizar a los individuos en una forma que permite encontrar las semejanzas y diferencias entre las colecciones dentro de una especie. En la caracterización de una especie se estima la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman. Así, el genoma de las especies animales o plantas contiene toda la información codificada en forma de genes que se necesitan para establecer su identidad morfológica, para desarrollar los procesos y funciones vitales para su supervivencia (Orihuela, 2018b).

2.17.2. Evaluación

La importancia de la evaluación radica en que no debemos únicamente limitarnos a coleccionar y conservar recursos, sino medir sus características y observar su comportamiento para encontrar una posible utilidad. La evaluación permite estudiar la expresión de una determinada variable cuantitativa en varios ambientes, con el fin de identificar caracteres útiles en mejoramiento. No es suficiente registrar, organizar y almacenar los datos, es preciso analizarlos y ponerlos a disposición de los usuarios, obteniendo y analizando las características en su comportamiento, de manera que permitan diferenciarlas y seleccionar accesiones con potencial para mejoramiento. Con la información que se genera de la caracterización y evaluación de las colecciones de germoplasma, es posible medir su variabilidad genética o conocer qué tan variables son las accesiones que lo conforman, a través de la similitud o diferenciación de los rasgos que caracterizan a cada una de ellas (Orihuela, 2018b).

2.18. Caracterización Agronómica

La caracterización permite clasificar la función que cumple cada componente de los sistemas, en relación a la generación y difusión de alternativas tecnológicas. También indican que los objetivos de caracterización de un sistema son; conseguir información técnica de referencia sobre las prácticas productivas y la productividad en el lugar de estudio. Entender el proceso de toma de decisión de los productores en relación con el funcionamiento de sus sistemas de producción. Identificar los principales factores limitantes (físicos, biológicos, sociales y económicos) y las posibilidades de generar alternativas para los sistemas caracterizados (Charca, 2018).

2.19. Caracterización Morfológica

La caracterización consiste en describir sistemáticamente los cultivares de una especie a partir de características cualitativas como el hábito de crecimiento, la altura de planta y el color de las flores. Estas características son de alta heredabilidad y no varían con el medio ambiente. También la caracterización consiste en describir las características agronómicas de las accesiones (rendimiento o resistencia a estrés biótico o abiótico), generalmente cuantitativas y de baja heredabilidad en el máximo posible de ambientes, con el fin de identificar materiales adaptables y con genes útiles para la producción de alimentos y/o el mejoramiento de cultivos (Charca, 2018).

2.20. Almacenamiento.

La conservación de los recursos fitogenéticos no se limita únicamente a la recolección y almacenamiento físico de los materiales, sino que también implica mantenerlos en condiciones viables y preservar sus características genéticas originales. Es fundamental garantizar que estos recursos se conserven de manera que puedan ser utilizados en el futuro, tanto para la investigación como para la mejora genética de las especies. Esto implica la implementación de técnicas y estrategias adecuadas para asegurar la viabilidad y la integridad genética de los materiales conservados, con el fin de preservar su diversidad y potencial para las generaciones venideras (Orihuela, 2018b).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó durante la campaña agrícola 2022-2023, en los predios del Estación Experimental de Kallutaca perteneciente al Área Ciencias Agrícolas Pecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Pública de El Alto, ubicado en el municipio de Laja, Provincia Los Andes del Departamento La Paz. Geográficamente se encuentra entre 16°32'27" Latitud Sur y 68°18'32" Longitud Oeste, a una altitud de 3908 msnm. El Centro Experimental de Kallutaca se encuentra a una distancia de 20 km de la Ciudad de La Paz (SENAMHI, 2020).



Figura 2. Ubicación geográfica de la campaña agrícola 2022-2023 en la Centro Experimental de Kallutaca (UPEA)

3.1.2. Características Edafoclimáticas

3.1.3. Clima

Las condiciones climáticas del Centro Experimental de Kallutaca corresponden a la clasificación del altiplano, seco húmedo. La incidencia de heladas se presenta en los meses de marzo a agosto, con una temperatura promedio anual de 7,1°C. Durante esos meses, se experimentan masas de aire frío provenientes del Norte, que causan olas de frío principalmente en verano e invierno. La velocidad del viento es de 9.7 km/h, y la precipitación pluvial alcanza los 613.1 mm por año, concentrándose en los meses de septiembre a abril. El régimen de las corrientes de viento afecta la distribución y frecuencia de las precipitaciones pluviales en la región (Rodríguez 2017).

3.1.4. Suelo

Las características edafológicas de la zona de referencia presentan suelos de arena y arcilla, con un declive de 2-5%, la condición física del suelo es arable, poco profundos de 15 a 30 cm, la capa arable presenta una textura de franco arcilloso, con una habilidad de retención de agua moderada. El pH presenta una variación ligeramente de acida a neutro (6.4 a 6.8). El contenido de la materia orgánica varía de 0.05 a 3.07 % (FAO, 2018).

3.1.5. Vegetación

La zona de estudio presenta una diversidad de especies vegetales perennes y arbustivas, algunas de las cuales son consideradas plantas invasoras. Entre las especies de estrato bajo se encuentran el *chiji* (*Distichlis humilies phil*), la cebadilla (*Bromus uniolooides Balh*), el diente de león (*Taraxacum officinale*), la bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastori L.*), y la muni muni (*Bidens andiloca*). Además, se encuentran especies cultivadas como el haba (*Vicia faba*), la papa (*Solanum tuberosum*), la quinua (*Chenopodium quinoa*), la cañahua (*Chenopodium pallidicaules*), y el trigo harinero (*Triticum aestivum*), entre otros

3.2. Materiales

3.2.1. Material de estudio

En el presente trabajo de investigación se utilizó los materiales vegetales de 24 accesiones de papa nativa provenientes del Banco de Germoplasma de la Carrera de Ingeniería

Agronómica de la Universidad Pública de El Alto. Estos materiales vegetales fueron seleccionados por su diversidad genética y su importancia para la investigación de la productividad y morfología de las papas en condiciones de altiplano.

3.2.2. Material de escritorio

Para llevar a cabo este trabajo de investigación, se utilizaron materiales de escritorio para la sistematización de los datos y la redacción del documento final. Se empleó una computadora con Microsoft Office, celular, programa estadístico como SPSS Statistics 25 para análisis de datos una impresora, papel, calculadora y todo el material de escritorio necesario para consolidar la presente investigación.

3.2.3. Material de campo

Durante el proceso de investigación se utilizaron los siguientes materiales: estacas de madera, cinta métrica de 100m, flexo metro de 5m, picotas, carretilla, rastrillo, chontillas, azadones, marbetes, canastillas, redes de plástico, balanza analítica.

3.3. Metodología

3.3.1. Preparación del terreno

El presente trabajo de investigación se realizó en cuatro bloques del área de investigación, cada uno con un tamaño de 17 m por 4 m. Estos bloques fueron seleccionados siguiendo la rotación de cultivos practicada en el centro experimental de Kallutaca. Para llevar a cabo esta tarea, se utilizó un tractor agrícola de la carrera de Ingeniería Agronómica para arar el terreno a una profundidad de 40 cm. Posteriormente, se realizó el rastreo y mullido del suelo, y finalmente se niveló de forma manual (Figura 3).

Estas labores permitieron obtener una cama de siembra adecuada para las accesiones de papa nativa. El suelo quedó suelto, uniforme y libre de malezas, lo cual proporcionó las condiciones ideales para la siembra.

Figura 3. a) Se puede observar la actividad como el roturado del terreno; **b)** se llevó a cabo la preparación del terreno



c) La división de bloques consiste en medir y delimitar los terrenos, asegurando una distribución precisa y organizada del espacio; **d)** El sacado de zanja en el terreno consiste en excavar canales de profundidad para proteger inundaciones en tiempo de lluvia



e) La limpieza del terreno es importante realizar para eliminar escombros y vegetación, garantizando así la siembra; **f)** El surqueado del terreno para la siembra consiste en crear surcos o hendiduras que faciliten la siembra uniforme de las semillas



3.3.2. Selección de semilla

La selección de semillas de 24 accesiones de papa nativa se llevó a cabo en el Centro Experimental Kallutaca. Se seleccionaron los tubérculos para cada surco y se colocaron en bolsas de malla con su respectiva identificación correspondiente.

Figura 4. a) Se muestra la caracterización de semilla de las diferentes accesiones de papa nativa para la siembra; b) La selección de semillas para la siembra es importante porque asegura la calidad y viabilidad del cultivo



Fuente: Elaboración propia, 2024

3.3.3. Siembra

La siembra se llevó a cabo el 22 de octubre de 2022. Cada accesión fue sembrada a una distancia de 70 cm entre surcos y 30 cm entre plantas. Esto resulta en un total de 24 surcos en cada bloque. Y 12 tubérculos por surco. Una vez determinada la densidad, se procedió con la apertura de surcos con una profundidad aproximada de 30 cm. Luego, cada uno de los tubérculos fue depositada en los surcos. Dado que hay 24 accesiones, se asignó un surco por cada accesión.

Figura 5. a) Introducir semillas al suelo es crucial para iniciar la germinación y el desarrollo de las plantas, permitiendo que absorban nutrientes y aguas esenciales para su crecimiento
b) Cubrir los tubérculos de cada surco es esencial para protegerlos de condiciones adversas, asegurar una adecuada germinación y fomentar el crecimiento saludable de las plantas



Fuente: Elaboración propia, 2024

3.3.4. Labores culturales

Las labores culturales son actividades fundamentales que se realizan durante todo el ciclo del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha. Estas labores se llevan a cabo con el objetivo de monitorear y evaluar el comportamiento del cultivo a lo largo del proceso, con el fin de obtener mejores resultados en la investigación.

3.3.5. Identificación o marbeteo

Para esta actividad, se realizó la identificación de plantas seleccionadas al azar. Se marcaron 5 plantas por accesión, identificadas en cada surco, de cada bloque, lo que resultó en un total de 480 plantas identificadas en cuatro bloques, con la finalidad de llevar registros de la variables cuantitativas y cualitativas.

3.3.6. Aporques

Se realizaron dos aporques, uno en el mes de enero de 2023, cuando las plantas alcanzaron una altura promedio de 10 a 15 cm. El aporque consistió en amontonar tierra al pie de cada planta con la ayuda de una chuntilla, con el fin de favorecer el desarrollo del

sistema radicular, mejorar el soporte, controlar las malezas y proporcionar aireación al suelo.

El segundo aporque se llevó a cabo al inicio de la floración, con el objetivo de asegurar la formación de los tubérculos. Se profundizaron los surcos y se aflojó la tierra para promover la oxigenación y acercarla a la planta, evitando que queden expuestas y se pongan verdes o se quemen debido a las heladas o la exposición directa al sol. Esto ayuda a reducir el riesgo de plagas.

3.3.7. Control de maleza

El control de malezas se realizó de forma manual con la ayuda de chuntillo. Estas labores de deshierbe se llevaron a cabo antes de la aporcación. Algunas de estas malezas son hospederas de insectos y enfermedades, por lo que este control también ayuda a prevenir la competencia de nutrientes con el cultivo.

3.3.8. Cosecha

La cosecha se realizó en el mes de abril de 2023, de manera manual con la ayuda de una chuntilla. Primeramente, se llevó a cabo la cosecha de cada muestra de cada surco. Posteriormente, se realizó la cosecha del resto de las papas. Luego, se procedió a realizar la limpieza de los tubérculos y a pesarlos. Finalmente, se llevó a cabo la selección de los tubérculos por tamaño.

3.4. Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se aplicó el diseño bloques completamente al azar (DBCA), con 4 bloques, considerando 24 accesiones, alcanzando un total de 96 unidades experimentales, en un área total de 272 m². Cada unidad experimental estuvo formada por 1 surcos de 4 m largo, con una separación de 0.70 m (Anexo 1).

Modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

α_i = Efecto de la i-ésima de accesión

β_j = Efecto de la j-ésima de bloque

ϵ_{ij} = Error experimenta

3.5. Variables de respuesta

3.5.1. Variables cualitativas

Tabla 1. Resumen de variables cualitativas evaluadas en el cultivo de papa nativa durante la campaña agrícola 2022-2023

Variabes	Cod.	Momento de evaluación	Valores de caracterizacion
Dia de emergencia	DE	Se evaluo cuando la planta presentaron 50% de la emergencia.	1: temprano 30 dias 2: tardio 45 dias
Dia a la floracion	DF	Se evaluo cuando las plantas presentaron 50% de la floracion	1.temprano 60 dias 2. tardio 85 dias
Habito de planta	HP	Se tomo los datos en la etapa de la madurez fisiologica	1. Erecto 2.Semi erecto 3.Decumbente 4.Postrado 5 Semi arrosado 6. Rosetado

Forma de alas del tallo	FAT	Se registro los dato en la etapa madurez fisiologica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ausente 2.Recto 3.Ondulado 4.Dentado
Color de tallo	CT	Se toma dato en la madurez fisiologica	<ol style="list-style-type: none"> 1.Verde 2.Mayormente verde 3.Verde con muchas manchas pigmentadas 4.Pigmentado con muchas manchas verdes 5.Mayormente pigmentado 6.Rojo 7.Morado
Color de la hoja	CH	Se toma dato en la madurez fisiologica	<ol style="list-style-type: none"> 1.Verde claro 2.Verde intermedio 3.Verde intenso
Color de las flores	CF	Se toma dato en la madurez fisiologica	<ol style="list-style-type: none"> 1.Ausente 2.Blanco 3.Rojo rosado 4.Rojo morado 5.Celeste 6.Azul morado 7.Lila 8.Morado 9.Violeta
Forma de la corola de la flor	FC	Se toma dato en la madurez fisiologica	<ol style="list-style-type: none"> 1.Estrellada 2.Semi estrellada 3.Pentagonal 4.Rotada 5.Muy rotada
Forma general de tuberculos	FGT	Caracter que se evaluo en la misma semana de la cosecha	<ol style="list-style-type: none"> 1.Comprimido 2.Redondo 3.Ovalado 4.Obovado 5.Eliptico 6.Oblongo 7.oblongo alargado 8. Alargado
Profundidad de ojos	PDO	Caracter que se evaluo en la misma semana de la cosecha	<ol style="list-style-type: none"> 1.Sobresaliente 2.Surpeficial 3.Medio 4.Profundo 5.Muy profundo
Color predominante de la piel	CPP	Caracter que se evaluo misma semana de la cosecha de cada accesion.	<ol style="list-style-type: none"> 1.Blanco crema 2.Amarillo 3.Anaranjado 4.Marron 5.Rosado

			6.Rojo 7.Rojo morado 8.morado 9.Negruzco
Intensidad del color predominante de la piel	ICP	Caracter que se evaluo en el dia de la cosecha de cada accesion	1.Palido claro 2.Intermedio 3.Intenso oscuro
Color secundario de la superficie de la piel	CSP	Este caracter que se evaluo en la misma semana de la cosecha	1.Ausente 2.Blanco crema 3.Amarillo 4.Anaranjado 5.Marron 6.Rosado 7.Rojo 8.Rojo morado 9.Morado 10.Negruzco
Distribucion del color secundario de la piel del tuberculo	DCS	Este caracter se evaluo en la misma semana de la cosecha	1.Ausente 2.En los ojos 3.En las cejas 4.Alrededor de los ojos 5.Manchas dispersas 6.Como anteojos 7.Manchas salpicadas 8.Pocas manchas
Color predominante de la pulpa	CPU	Este caracter se evaluo en la misma semana de la cosecha	1.Blanco 2.Crema 3.Amarillo claro 4.Amarillo 5.Amarillo intenso 6.Rojo 7.Morado 8.Violeta
Color secundario de la pulpa	CSU	Este caracter se evaluo en la misma semana de la cosecha	1.Ausente 2.Blanco 3.Crema 4.Amarillo claro 5.Amarillo 6.Amarillo intense 7.Rojo 8.Morado 9.Violeta

3.5.2. Variables cuantitativas

Tabla 2. Resumen de variables cuantitativas evaluadas en el cultivo de papa nativa durante la campaña agrícola 2022-2023

Variables	Cod.	Momento de evaluación	Unid.
Altura de planta	APL	Se evaluo desde que la planta que llego a la etapa de floracion	Cm
Numero de flores	NF	Se realizo el conteo de flores de las 5 plantas de cada accesion en la etapa de floracion	Numeral
Número de tallos (n°)	NTL	Se toma dato en la madurez fisiológica.	Numeral
Número de folíolos laterales (n°)	NFL	Se toma dato en la madurez fisiológica	Numeral
Número interhojuelos entre folíolos laterales (n°)	NIF	Se realizó una vez finalizado la floración.	Numeral
Numero de interhojuelas sobre los peciolulos (n°)	NIP	Se realice una vez finalizado la floracion	Numeral
Número de tuberculo por planta (n°)	NDT	En la cosecha de cada accesion .	Numeral
Peso de tubérculos por planta (gr.)	PDT	En la cosecha de cada accesion.	g.
Numero de ojos de tuberculos por planta (n°)	NOT	Posterior a la cosecha.	Numeral

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Datos meteorológicos

Los datos provienen de la Estación Meteorológica de la Carrera de Ingeniería Agronómica UPEA, ubicado en la Centro Experimental de Kallutaca, donde se realizó la presente investigación en periodo agrícola de octubre de 2022 a mayo de 2023. La precipitación juega un papel muy importante durante el ciclo de producción de cultivo de papa nativa. La precipitación acumulada no es suficiente para la fase de emergencia de cultivo de papa nativa, para ello, se complementó con el regado de la parcela de investigación, para una buena emergencia del cultivo y desarrollo óptimo de la planta.

4.1.1. Temperatura y precipitación

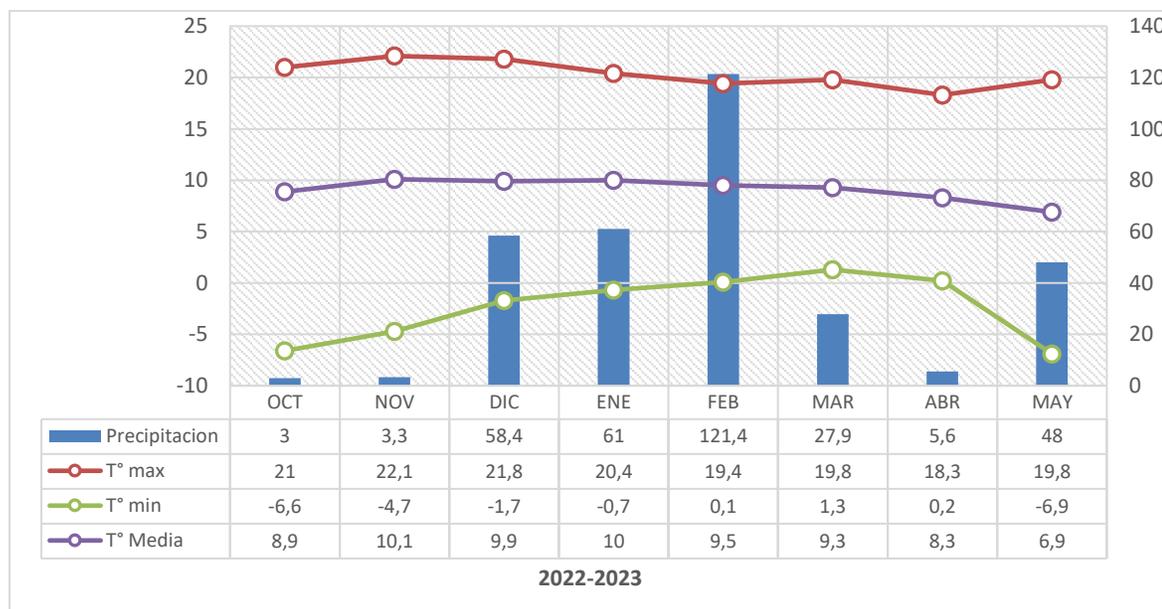


Gráfico 1. La temperatura y precipitación pluvial registrado en el periodo de estudio meteorológico en la Estación Experimental de Kallutaca durante la campaña agrícola, 2022-2023

En la Gráfica 1, la temperatura en la campaña agrícola 2022-2023, podemos llegar observa que la temperatura mínima llego a $-6,6\text{ C}^{\circ}$ en el mes de octubre, se puede observar en el mes de enero aun tuvimos bajas temperaturas $-0,7\text{ C}^{\circ}$ lo cual perjudico a las plantas teniendo un bajo desarrollo fisiológico. Mientras que nuestra temperatura media oscila entre $8,3\text{C}^{\circ}$ en abril y $10,1\text{C}^{\circ}$ en noviembre. La temperatura máxima llego a los $22,1\text{C}^{\circ}$ en el mes

de noviembre indicando que tuvimos una variación de temperatura durante el proceso de la investigación de la papa nativa.

La papa es considerada una planta termo periódica, indicando que necesita una variación entre la temperatura máxima y mínima de al menos 10°C. La papa se puede cultivar en lugares donde la temperatura mínima nocturna sea de 18°C como máximo, aunque este cultivo prefiere climas con temperaturas un poco más bajas. Conforme la temperatura mínima es más alta, la producción disminuye. Con temperaturas entre 12°C y 18°C la producción es mejor tanto de follaje y tallos como la producción de tubérculos (Ramos, 2016).

En la etapa de llenado de tubérculos, la variación entre la temperatura máxima y mínima puede ser un poco menor. Los valores óptimos de temperaturas máximas y mínimas están entre los 18°C y 20°C para el día y los 12°C y 14°C para la noche, con el fin de que los carbohidratos formados por el proceso fotosintético no sean consumidos por la respiración diurna y nocturna, aun cuando bajo estos valores de temperatura entre el 25 y 30% de los carbohidratos producidos son gastados en el proceso de respiración (Ramos, 2016).

En la Grafico 1, se aprecia las precipitaciones muy variadas, y se observa que, los primeros dos meses fueron muy escasos lo cual se ayudó con riego para su germinación del tubérculo. En los meses de diciembre y enero tuvimos una precipitación más alta que rodea los 58 mm, 61 mm, y en el mes de febrero es donde se tuvo una mayor precipitación con 121,4mm posterior ya descendió la lluvia.

La precipitación o cantidad óptima de agua requerida es de 600 mm, distribuida en todo su ciclo vegetativo; las mayores demandas se dan en las etapas de brotación y crecimiento de los tubérculos, por lo cual es necesario efectuar riegos suplementarios en los períodos críticos o cuando no se presenta lluvia (Ramos, 2016).

4.2. Características morfológicas cualitativas

Se sometió un análisis descriptivo del cultivo de papa nativa (*solanum sp*) basado en los rasgos morfológicos cualitativos. A partir de los resultados obtenidos de la siguiente investigación.

4.2.1. Características de la planta

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de habito de planta y color de tallo evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

		Habito de planta					Total
		Erecto	Semi erecto	Decumbente	Postrado	Semiarrosetado	
Color de tallo	Verde	0	1	1	1	4	7
	Mayormente verde	0	1	1	2	2	6
	Verde con manchas pigmentadas	1	2	2	0	2	7
	Pigmentado con manchas verdes	0	2	1	0	1	4
	Total	1	6	5	3	9	24

Fuente: Elaboración propia

Con base a los resultados obtenidos en el Cuadro 1, se realizaron observaciones entre el habito de planta (HDP) y color de tallo (CDT) los resultados fueron lo siguiente: siete con color de tallo verde de los cuales uno es semi erecto, uno de decumbente, uno es postrado y cuatro semiarrosetado. Seis plantas con color de tallo mayormente verde de los cuales uno es semi erecto, uno es decumbente, dos postrado y dos son de semiarrosetado. Siete plantas de color de tallo verde con muchas manchas pigmentadas de los cuales uno es erecto, dos es semi erecto, dos de decumbente y dos son de semiarrosetado. Cuatro con color de tallo pigmentado con manchas verdes, dos son de semi erecto, uno es decumbente y tan solo uno semiarrosetado.

Cuadro 2. Estadística descriptiva de la habito de planta y color de hoja evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

		Color de hoja			Total
		Verde claro	Verde intermedio	Verde	
Habito de planta	Erecto	0	0	1	1
	Semi erecto	3	1	2	6
	Decumbente	1	1	3	5
	Postrado	1	1	1	3
	Semiarrosetado	3	4	2	9
Total	8	7	9	24	

Fuente: Elaboración propia

Con base a los resultados presentada en el Cuadro 2, las observaciones relevaron que entre color de hoja y habito de planta uno erecto: se observó en la color de hoja uno verde, seis semi erecto de los cuales tres son de color verde claro, uno verde intermedio y dos verde, cinco decumbente, uno verde claro, uno de verde intermedio y tres de color verde, tres postrado, uno verde claro, uno color verde intermedio y uno verde, nueve semiarrosetado, tres fueron verde, cuatro de color verde intermedio y dos de color verde.

Cuadro 3. Estadística descriptiva de la forma de alas del tallo y habito de planta evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

		Habito de planta					Total
		Erecto	Semi erecto	Decumbente	Postrado	Semiarrosetado	
Forma de alas del tallo	Ausente	0	0	0	1	2	3
	Recto	0	1	1	1	6	9
	Ondulado	0	0	1	0	0	1
	Dentado	1	5	3	1	1	11
Total		1	6	5	3	9	24

Fuente: Elaboración propia

Según el Cuadro 3, se puede llegar a observar que en la forma de alas del tallo tres ausentes, en habito de planta uno postrado, nueve rectos, uno de semi erecto, uno decumbente, uno postrado y seis fueron semiarrosetado, uno ondulado, uno decumbente en habito de planta, 11 dentado, uno erecto, cinco son semi erecto, tres decumbente, uno postrado y uno semiarrosetado.

Cuadro 4. Estadística descriptiva de la forma de la base del foliolo terminal y forma de la corola de la flor evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

		Forma de la base del foliolo terminal					Desigual o asimétrico	Total
		Cuneado	Cuneado y decurrente (con alas)	Truncado	Redondeado	Cordado		
Forma de la corola de la flor	Estrellada	0	0	0	1	0	0	1
	Semi estrellada	1	2	0	0	1	4	8
	Pentagonal	2	1	1	3	0	5	12
	Rotada	1	0	0	0	0	1	2
	Muy rotada	0	0	0	0	0	0	0
Total		4	3	1	4	1	10	23

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos presente en el Cuadro 4, se puede llegar a observar que en la forma de la corola de la flor estrellada: se observó uno con forma de hoja redondeado. Ocho con semi estrellada de los cuales uno es cuneado, dos son cuneado y decurrente (con alas), uno cordado y cuatro son desigual o asimétrico. 12 pentagonal, dos son cuneado, uno cuneado y decurrente (con alas), uno truncado, tres redondeado y cinco son desigual o asimétrico. Dos rotada en los cuales se encuentra uno cuneado y uno desigual o asimétrico. No se encontraron con la forma de corola de la flor muy rotada.

Cuadro 5. Estadística descriptiva de la forma de la corola de la flor y color de las flores evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

		Color de las flores						Total	
		Blanco	Rojo rosado	Rojo morado	Celeste	Lila	Morado		Violeta
Forma de la corola de la flor	Estrellada	0	0	0	0	1	0	0	1
	Semi estrellada	0	3	0	0	3	2	0	8
	Pentagonal	5	0	1	1	2	1	2	12
	Rotada	0	0	0	1	0	1	0	2
Total		5	3	1	2	6	4	2	23

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos presentados en el Cuadro 5, podemos observar respecto a la forma de la corola de la flor: se obtuvo tan solo una forma estrellada y en el color de las flores, tan solo una es de color lila, ocho semi estrellada de las cuales fueron tres color rojo rosado, tres de color lila y dos morado, 12 pentagonal, cinco fueron de color blanco, una de color rojo morado, una celeste, dos lila, una color morado y dos violeta, dos rotadas, de las cuales una es de color celeste y una color morado.

4.2.2. Característica del tubérculo

Cuadro 6. Estadística descriptiva del color predominante de la pulpa del tubérculo y color predominante de la piel evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

		Color predominante de la piel									total
		Blanco crema	Amarillo	Anaranjado	Marrón	Rosado	Rojo	Rojo morado	Morado	Negrusco	
Color predominante de la pulpa del tubérculo	Blanco	2	2	0	2	0	3	1	2	5	17
	Crema	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
	Amarillo claro	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Amarillo	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
	Violeta	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Total		2	3	0	2	0	3	3	4	7	24

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Cuadro 6, respecto al color predominante de la piel llegamos a observar que dos fueron de color blanco crema, tres amarillos, dos marrones, tres rojos, tres rojos morados, cuatro morados y siete negruzco. En la relación al color predominante de la pulpa del tubérculo, 17 fueron de color blanco, tres de color crema, uno color amarillo claro, dos colores amarillos y uno color violeta.

Cuadro 7. Estadística descriptiva del color secundario de la pulpa y color secundario de la superficie de la piel evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

		Color secundario de la superficie de la piel tubérculo										Total
		Ausente	Blanco crema	Amarillo	Anaranjado	Marrón	Rosado	Rojo	Rojo morado	Morado	Negrusco	
Color Secundario de la pulpa	Ausente	0	4	1	5	0	1	0	0	5	0	16
	Blanco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Crema	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Amarillo claro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Amarillo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Amarillo intenso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rojo	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
	Morado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Violeta	0	1	1	0	0	0	0	1	2	0	5
	Total	0	7	2	6	0	1	0	1	7	0	24

Fuente: Elaboración propia

Con base a los datos del Cuadro 7, que presenta las principales características del color secundario de la superficie de la piel tubérculo y color secundario de la pulpa, la distribución revelo los siguientes datos para color secundario de la superficie de la piel tubérculo, siete fueron de color blanco crema, dos colores amarillos, seis de color anaranjado, uno rosado, uno de rojo rosado y siete de color morado. En color secundario de la pulpa, 16 fueron de color ausente en la pulpa del tubérculo, uno de color crema, dos de color rojo y cinco de color violeta.

Cuadro 8. Estadística descriptiva de la distribución del color secundario de la piel tubérculo y distribución del color secundario de la pulpa evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

		Distribución del color secundario de la pulpa tubérculo							Otros (salpicado)	Total
		Ausente	Pocas manchas	Áreas	Anillo vascular angosto	Anillo vascular ancho	Anillo vascular y medula	Toda menos medula		
Distribución del color secundario de la piel del tubérculo	Ausente	4	1	0	2	0	0	0	0	7
	En los ojos	1	1	1	0	0	0	0	0	3
	En las cejas	2	0	0	1	0	0	0	0	3
	Alrededor de los ojos	3	0	0	0	0	0	0	1	4
	Manchas dispersas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Como anteojos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Manchas salpicadas	5	0	0	0	0	0	0	1	6
	Pocas manchas	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Total	16	2	1	3	0	0	0	2	24

Fuente: Elaboración propia

Con la base en los datos presentado en el Cuadro 8, se presenta el distribución del color secundario de la pulpa, se observaron en el distribución del color secundario de la pulpa del tubérculos fueron: 16 son ausente no presentan el distribución del color secundario de la piel del tubérculo, dos son pocas manchas, uno de áreas, tres son de anillo vascular angosto y dos son de otro(salpicado). En la distribución del color secundario de la piel del tubérculo: siete son ausente no presentan distribución del color secundario de la piel, tres en los ojos, tres en las cejas, cuatro alrededor de los ojos, síes manchas salpicadas y uno pocas manchas.

Según Avalos (2022), la distribución del color secundario en la piel del tubérculo, los resultados son los siguientes: 24 muestras no mostraron distribución del color, 6 muestras presentaron manchas dispersas, 3 muestras mostraron el color únicamente en los ojos, otras 3 muestras tuvieron el color en forma de "anteojos", 3 muestras mostraron el color salpicado en los ojos, y 1 muestra tuvo el color únicamente en las cejas.

Cuadro 9. Estadística descriptiva de la profundidad de ojos e intensidad del color predominante de la piel evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

		Intensidad del color predominante de la piel			Total
		Pálido claro	Intermedio	Intenso oscuro	
Profundidad de ojos	Sobresaliente	0	1	1	2
	Medio	0	3	1	4
	Muy profundo	2	6	5	13
	Profundo	0	1	3	4
	Superficial	0	1	0	1
Total		2	12	10	24

Fuente: Elaboración propio

Con base en los datos presentados en el Cuadro 9, se ilustra la distribución de la intensidad del color predominante de la piel. Se observaron dos de color pálido claro, 12 de color intermedio y 10 de color intenso oscuro. En la profundidad de ojos: dos fueron sobresaliente, cuatro, 13 son muy profundo, cuatro profundos y uno superficial.

Cuadro 10. Estadística descriptiva de la profundidad de ojos y forma de tubérculos evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

		Forma de tubérculos							Total	
		Comprimido	Redondo	Ovalado	Obovado	Elíptico	Oblongo alargado	Oblongo		
Profundidad de ojos	Sobresaliente	0	0	0	0	0	1	0	1	2
	Medio	0	2	0	0	0	0	0	2	4
	Muy profundo	6	0	0	0	2	2	1	2	13
	Profundo	4	0	0	0	0	0	0	0	4
	Superficie	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Total		10	2	0	0	2	4	1	5	24

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a Cuadro diez, podemos observar que según la forma del tubérculo en base a la profundidad de ojos dos fueron sobresaliente de la siguiente manera uno sobresaliente

y uno alargado. Cuatro son medio en la profundidad de ojos los de cuales dos redondos y dos alargado. 13 fueron muy profundo de los cuales son seis comprimidos, dos elíptico, dos oblongo, uno oblongo alargado y dos muy alargado. Cuatro profundos de lo cual cuatro es comprimido. Uno superficie en profundidad de ojos de los cuales uno oblongo.

4.3. Análisis estadísticos cuantitativas

Cuadro 11. Estadística descriptiva de días de emergencia (DE), días de la floración (DF), altura de planta (AP), número de tallo (NTL), número de flores (NF) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

VARIABLES	Media	Desv. Est	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
DE*	39,90	5,33	-0,38	-1,36	30,00	45,00
DF*	56,96	16,22	0,75	-0,47	60,00	85,00
AP**	39,15	13,76	0,63	-0,15	12,60	77,50
NTL***	6,30	3,09	2,72	0,67	2,40	22,00
NF***	26,56	10,41	0,81	0,25	10,00	54,00
NFL***	4,42	0,51	0,53	-0,22	3,60	6,00
NIF***	3,93	0,77	-0,28	0,69	1,80	6,20
NIP***	3,13	0,67	0,17	0,21	1,80	5,00

*(De)

** (cm)

*** (unidades)

a). Días de emergencia (DE)

Para la evaluación de este carácter se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que las unidades experimentales presentaron el 50 % de plantas emergidas, con dos hojas verdaderas visibles a simple vista. Los resultados para esta variable fenológica presentados en el Cuadro 11, indican un promedio de 39,90 días, con una desviación estándar de 5,33 días, con una asimetría -0,38 que presenta una asimetría negativa, en la curtosis -1,36 son datos que están dispersas a la media siento una distribución platicurtica, mínimo de 30 días y un máximo 45 días.

Según Choque y Mena (2019), menciona que la emergencia ocurre a los 30 y 35 días después de la siembra donde está influenciado por la humedad y temperatura del suelo la plántula que sobrevive de las reservas contenidas en el tubérculo madre.

Según Punina (2017), el porcentaje de emergencia, evaluado es entre los 35 y 45 días después de la siembra, mostró variaciones entre el 90% y el 100% para cada tratamiento, con un promedio general del 40,46%. El análisis de varianza reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos al nivel del 5%, aunque no se encontraron diferencias significativas entre las repeticiones. El coeficiente de variación, de 2,70%, indica una alta confiabilidad en la validez de los resultados obtenidos.

b). Días de la floración (DF)

Este carácter fonológico se registró de manera visual, en el momento que el 50 % de las plantas de cada accesión de papa presentaron se registró con un promedio de 56,96, con una desviación estándar 16,22 su asimetría 0,75 siendo >0 está indicando hacia el lado positivo en la relación a la media, la curtosis es de $-0,47$ son datos concentrados al centro que llegan a ser una distribución leptocúrtica. Las primeras flores abiertas, con estambres y anteras visibles a simple vista. Las accesiones 007,029,042,018,011,0,28 fue las primeras en iniciar la floración a los 60 días después de la siembra, en cambio las accesiones 0,10,0,24,0,36,0,32,023,0,13,0,05,0,44,0,43,0,02,0,20,0,30,0,14,0,35,0,15,0,08,0,22 fueron las últimas en llegar a esta fase fonológica luego de 85 días de la siembra (cuadro 11).

Según el resultado encontrado por Choque y Mena (2019), indican que el inicio de la floración ocurre entre los 75 y 82 días después de la siembra, dependiendo de las características genéticas de cada variedad, con un promedio de 79,5 días. Esta variabilidad también está influenciada por factores adicionales como la humedad del suelo, la calidad de la semilla, el manejo agronómico, el piso ecológico y las condiciones climáticas.

c). Altura de planta (AP)

La descripción estadística para este carácter se presenta en el Cuadro 11. Los resultados muestran que la altura de planta registró una media de 39,15 cm, una desviación estándar de 13,76 cm, su asimetría de 0,63 y con una curtosis $-0,15$. Los valores extremos correspondieron a las accesiones 0,10,0,22,0,01,0,20,0,08,0,18,0,02 con 12,60 cm como

valor mínimo y 0,14,0,18,0,42,0,32,0,15,0,29,0,28,0,24,0,43,0,230,0,07,0,36,0,05,0,30,0,11,0,35,0,44 con 77,50 cm como valor máximo.

Según los resultados encontrados por Orihuela (2018a), se puede observar que la media para la variable altura de planta fue de 60.3 cm, teniendo un rango máximo y mínimo de 58,4 cm y 25,28 cm respectivamente, dentro el conjunto de datos evaluados. Según nuestro resultado obtenidos tenemos una media 39,15 cm una mínima de 12,60 cm y un máximo de 77,50 cm estos resultados puede variar de acuerdo al lugar de estudio o a las diferentes accesiones que se evaluaron.

d). Número de tallo (NTL)

El análisis descriptivo para esta variable indica que las accesiones de papa nativa en estudio tuvieron 6,30 de número de tallo en promedio, con una desviación estándar de 3,09, con una asimetría 2,72 presenta una asimetría positiva, la curtosis 0,67 son datos concentrados al centro que llegan a ser una leptocúrtica. Respecto a los valores extremos, el valor mínimo fue 2,40 y el valor máximo fue 22,00 número de tallo.

Según Orihuela (2018a), se observó que el promedio de tallos por planta fue de 5, con un máximo registrado de 7 tallos y un mínimo de 2 tallos. Esta variabilidad sugiere diferencias significativas entre las distintas papas nativas, lo que puede atribuirse a sus características genéticas. En comparación, nuestros resultados muestran un promedio superior a 6,30 de número de tallo. Además, el rango de tallos en nuestro estudio varió desde un mínimo de 2,40 hasta un máximo de 22,00 número de tallos por planta.

e). Número de flores (NF)

Las variables de número de flores se registraron en etapa de floración de las plantas de papa nativa, debido a que en esta fase fonológica se registra la mayor actividad fotosintética. De acuerdo a los resultados del cuadro 11, el número de flores registró un promedio de 26,56 flores, con una desviación estándar de 10,41 flores con una asimetría de 0,81, y la curtosis es de 0,25 presenta una distribución de ser una leptocúrtica. Las accesiones 0,07, 0,10, 0,01, 0,36, 0,23, 0,44, 0,43, 0,20, 0,30, 0,14, 0,11 0,35, 0, 08, presentó un mínimo 10,00 de flores, en cambio, las accesiones 0,29, 0,24, 0,32, 0,42, 0,13, 0,05, 0,02, 0,18, 0,15, 0,28, 0,22, tuvo un máximo de 54,00 flores.

f). Número de foliolos laterales (NFL)

De acuerdo a los resultados del Cuadro 11, las accesiones de papa nativa en estudio presentaron 4,42 foliolos laterales en promedio, con una desviación estándar de 0,51 con una asimetría de 0,53 siendo >0 indicando más hacia el lado positiva, la curtosis es de -0,22 presenta una distribución platicúrtica. El valor mínimo fue 3,60 de foliolos laterales registrado en la accesión 0,24, 0,36, 0,32, 0,23, 0,13, 0,05, 0,43, 0,02, 0,30, 0,11, 0,15, 0,28, 0,08, 0,22, en cambio, el valor máximo correspondió a la accesión 0,10, 0,01, 0,42, 0,44, 0,20, 0,18, 0,14, 0,35 con 6,00 número de foliolos laterales.

Según el resultado encontrado por Orihuela (2018a), el promedio del número de foliolos laterales en las papas nativas fue de 7,5 foliolos. En este estudio, el número de foliolos laterales vario desde un mínimo de 6 hasta un máximo de 50. En comparación, nuestros resultados muestran un promedio de 4,42 folios laterales. Además, el número mínimo registrado en nuestro estudio fue de 3,60 foliolos, mientras que el máximo alcanzó los 6 foliolos. Estos datos indican una diferencia notable en el promedio y el rango de foliolos laterales

g). Número de interhojuelas entre foliolos laterales (NIF)

Las variables de interhojuelas entre foliolos laterales se registraron en etapa de floración de las plantas de papa nativa, debido a que en esta fase fenológica se registra la mayor actividad fotosintética. De acuerdo a los resultados del Cuadro 11, el número de interhojuelas entre foliolos laterales registró una media de 3,93, con una desviación estándar de 0,77, con una asimetría -0,28 presenta una asimetría negativa, la curtosis es de 0,69 lo cual indica que nuestros datos dispersos a la media denominando una distribución leptocúrtica. La accesión 0,01, 0,24, 0,23, 0,13, 0,43, 0,20, 0,28, 0,08, 0,22, presentó un mínimo 1,80, en cambio, la accesión 0,07, 0,29, 0,10, 0,36, 0,32, 0,42, 0,05, 0,44, 0,02, 0,18, 0,30, 0,14, 0,11, 0,35, 0,15, tuvo un máximo de 6,20 número de interhojuelas. De foliolos

Según la Orihuela (2018a) se observó que el promedio del número de folios laterales fue de 7,5. El valor mínimo registrado en el estudio fue de 6 foliolos, mientras que el valor máximo alcanzó los 10 foliolos. En comparación nuestros datos muestran un promedio significativamente más bajo de 3,93 foliolos. Además, los valores mínimo y máximo en

nuestro conjunto de datos fueron de 1,80 y 6,20 foliolos, respectivamente. Esta diferencia en los promedios sugiere una variabilidad considerable.

h). Número de interhojuelas sobre los peciolulos (NIP)

El análisis descriptivo para esta variable indica que las accesiones de papa en estudio tuvieron 3,13 número de interhojuelas sobre los peciolulos en promedio, con una desviación estándar de 0,67, con una asimetría de 0,17, la curtosis es de 0,21 presenta una distribución leptocúrtica. Respecto a los valores extremos, el valor mínimo fue 1,80 y el valor máximo fue 5,00, correspondientes a las accesiones 0,07, 0,20, 0,36, 0,42, 0,23, 0,18, 0,14, respectivamente (Cuadro 11).

Cuadro 12. Estadística descriptiva de número de tubérculo (NDT), peso de tubérculo (PDT), número de ojos de tubérculo (NOT), rendimiento (RDTO) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca

Variable	Media	Desv. Est	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
PDT*	417,39	169,77	0,16	-0,39	200,00	832,00
NDT**	15,58	5,26	1,04	1,02	22,00	54,00
NOT**	11,60	2,51	1,14	1,27	8,00	18,00

*(kg)

** (unidades)

i). Peso de tubérculo por planta (PDT)

Esta variable se encuentra directamente relacionada con el peso de tubérculo y el rendimiento el análisis descriptivo (Cuadro 12), se registró un promedio de 417,39 g, con una desviación estándar 169,77 g, con la asimetría 0,16 g, y la curtosis es de -0,39 g. El valor mínimo fue 200,00 g de las accesiones 0,29, 0,10, 0,01, 0,36, 0,42, 0,23, 0,13, 0,44, 0,30, 0,11 y un máximo de 832,00 g que corresponde a las accesiones 0,07, 0,24, 0,32, 0,05, 0,43, 0,02, 0,20, 0,18, 0,14, 0,35, 0,15, 0,28, 0,08, 0,22.

Según Orihuela (2018a) los rendimientos promedio de los cultivos fueron de 990 g. El 55% de las muestras presentó rendimientos menores o iguales a 610 g, mientras que el 45% mostró rendimientos mayores o iguales a 1950 g. El rendimiento mínimo registrado fue de

608 g, alcanzado por la papa nativa, y el rendimiento máximo fue de 1952 g. En nuestros resultados, obtuvimos una media de 417,39 g, con un mínimo de 200,00 g y un máximo de 832,00 g para el peso de los tubérculos por planta.

j). Número de tubérculo (NDT)

Los resultados para este carácter se muestran en el Cuadro 12. Las accesiones de papa nativa en estudio registraron número de tubérculo 15,58 en promedio, una desviación estándar de 5,26 n°, con una asimetría 1,04 n°, y la curtosis es de 1,02 presentan datos dispersos a la media denominando una distribución leptocúrtica. Las accesiones 0,07, 0,29, 0,23, 0,11, registro con 22,00 tuberculo en cambio, el valor máximo fue de 54,00 número de tuberculo por planta que corresponde a las accesiones 0,10, 0,01, 0,24, 0,36, 0,32, 0,42, 0,13, 0,05, 0,44, 0,43, 0,02, 0,20, 0,18, 0,30, 0,14, 0,35, 0,15, 0,28, 0,08, 0,22.

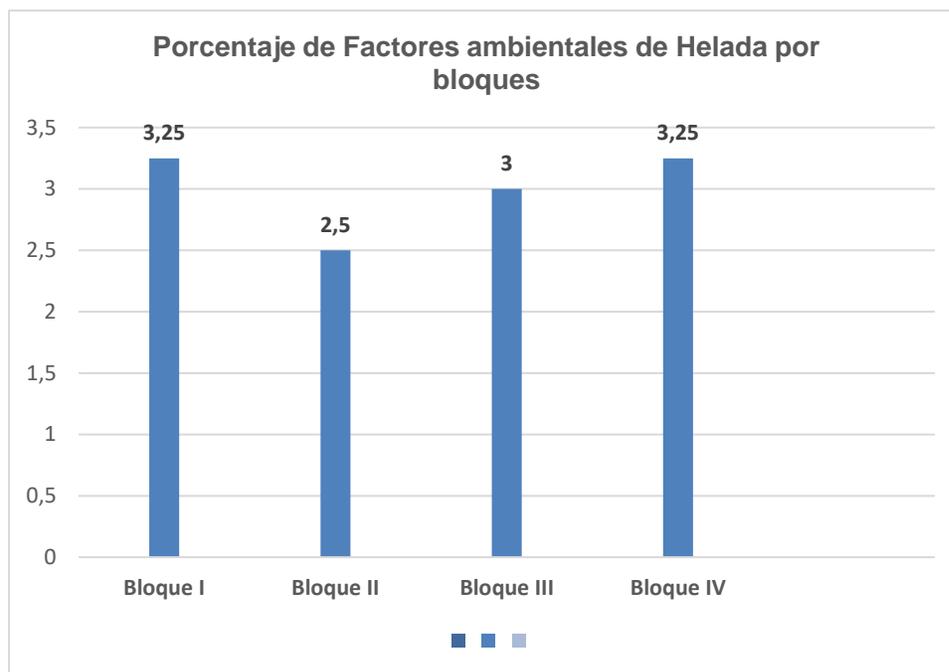
Según Orihuela (2018a), observó que el promedio de papas por planta alcanzó 28 tubérculos. En el análisis, se encontró que el 50 % de las plantas presentó un número de tubérculos menor o igual a 14, mientras que el otro 50 % mostró un número de tubérculos mayor o igual a 52 por planta. En comparación, nuestros resultados indican un promedio de 15,58 tubérculos, con un rango que varía desde un mínimo de 22,00 hasta un máximo de 54,00 número de tubérculos por planta.

k). Número de ojos de tubérculo (NOT)

Los resultados para esta variable indican que las accesiones de papa registraron 11,60 número de ojos de tubérculo en promedio. Los valores extremos variaron en las accesiones 0,07, 0,11, 0,22, registro el menor número de ojos con 8,00 n° al contrario las accesiones 0,29, 0,10, 0,01, 0,24, 0,36, 0,32, 0,42, 0,23, 0,13, 0,05, 0,44, 0,43, 0,02, 0,20, 0,18, 0,30, 0,14, 0,35, 0,15, 0,28, 0,08, presento mayor número de ojos de tubérculo el valor máximo es 18,00 n°. La desviación estándar de este carácter fue 2,51 n°, con una asimetría de 1,14, y la curtosis es de 1,27 n° que presenta datos dispersos a la media denominado una distribución leptocúrtica (Cuadro 12).

4.4. Factores adversos

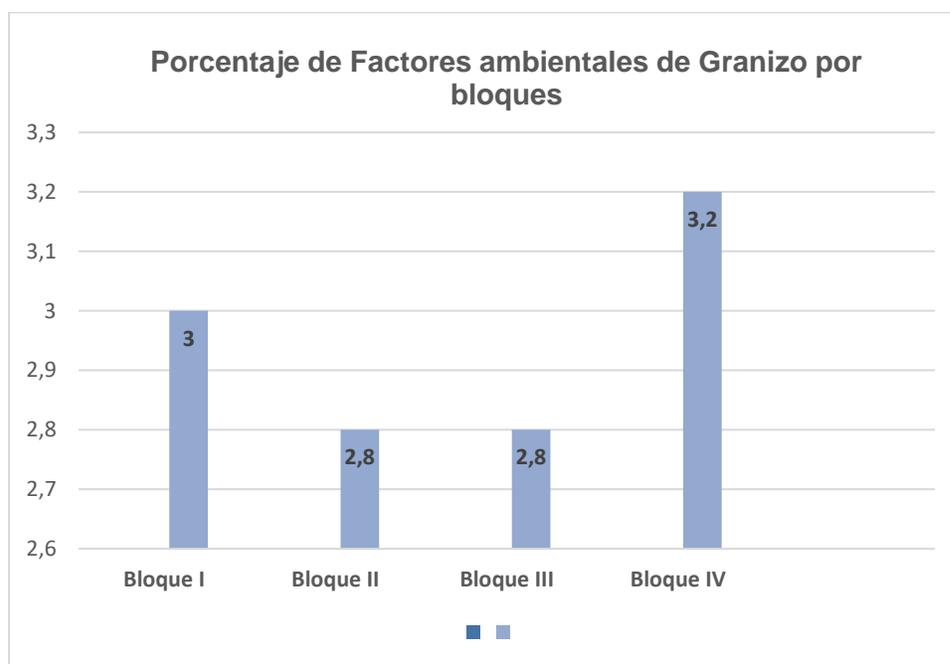
Gráfico 2. Porcentajes de factores ambientales de helada (H) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca.



Según el Gráfico 2, se observa que la helada tuvo un impacto significativo en el cultivo de papa nativa en el Centro Experimental de Kallutaca. El monitoreo de los factores físicos relacionados con la helada reveló variaciones en el grado de afectación entre los diferentes bloques del experimento. En el Bloque I, la helada afectó al 3,25% de las plantas. En el Bloque II, el porcentaje de plantas afectadas fue del 2,5%. El Bloque III mostró una afectación del 3%, mientras que el Bloque IV experimentó el mismo porcentaje de afectación que el Bloque I, con un 3,25%.

Según el Ticona (2023) 14 de enero de 2023, los cultivos en casi todo el altiplano fueron quemadas por una helada fuerte que arrasó con todos los cultivos que ya habían emergido, posterior a este evento climático, las lluvias ya no fueron continuas, en algunas zonas se han recuperado los cultivos y en otras se han perdido casi la totalidad, desde CIPCA se estima que hubo una pérdida superior al 60% en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí.

Gráfico 3. Porcentajes de factores ambientales de granizo (G) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental de Kallutaca.



De acuerdo con los resultados presentados en la Gráfico 3, se observa que el granizo tuvo un efecto notable desde 5 hasta 1 en el cultivo de papa nativa en el Centro Experimental de Kallutaca. Los datos indican que la afectación varió entre los diferentes bloques del experimento. En el Bloque I, el granizo impactó al 3% de las plantas. El Bloque II experimentó el mayor nivel de daño, con una afectación del 2,8. Esta misma afectación del 2,8% se observó también en el Bloque III. Finalmente, en el Bloque IV, el porcentaje de afectación fue ligeramente menor, con un 3,2%. Estos resultados muestran una ligera variabilidad en el grado de afectación del granizo entre los bloques.

Según Ticona (2023), el impacto de las granizadas en los cultivos de papa nativa en Bolivia varió dependiendo de la región y la severidad del evento meteorológico. En algunas regiones, las granizadas pudieron haber causado una reducción en el rendimiento de la cosecha de hasta un 30-50% o más. Este rango puede variar ampliamente dependiendo de la intensidad del granizo, la etapa de crecimiento de las plantas y la resiliencia de las variedades cultivadas.

4.5. Caracterización de muestras de papa nativa en Estación Experimental Kallutaca en la campaña 2022- 2023.

Accesion 001	Caracterización morfológica de tubérculo	
Imagen 	Forma de tubérculo	Alargado
	Profundidad de ojos	Superficial
	Color predominante de la piel	Rojo morado
	Color predominante de la pulpa	Crema
	Color secundario de la pulpa	Crema
Kallutaca	Distribución del color secundario de la pulpa	Anillo vascular angosto
	Intensidad del color predominante de la piel	Intermedio
	Color secundario de la superficie de la piel	Ausente
	Distribución del color secundario de la piel del tubérculo	Ausente

Accesion 002	Caracterización morfológica de tubérculo	
Imagen 	Forma de tubérculo	Oblongo
	Profundidad de ojos	Medio
	Color predominante de la piel	Blanco crema
	Color predominante de la pulpa	Blanco
	Color secundario de la pulpa	Ausente
Kallutaca	Distribución del color secundario de la pulpa	Ausente
	Intensidad del color predominante de la piel	Intermedio
	Color secundario de la superficie de la piel	Morado
	Distribución del color secundario de la piel del tubérculo	Mancha salpicada

Accesion 007	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen 	Forma de tubérculo	Comprimido
	Profundidad de ojos	Profundo
	Color predominante de la piel	Negrusco
	Color predominante de la pulpa	Blanco
	Color secundario de la pulpa	Ausente
Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa	Ausente
	Intensidad del color predominante de la piel	Intense oscuro
	Color secundario de la superficie de la piel	Ausente
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	Ausente

Accesion 013	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen 	Forma de tubérculo	Alargado
	Profundidad de ojos	Medio
	Color predominante de la piel	Morado
	Color predominante de la pulpa	Crema
	Color secundario de la pulpa	Violeta
Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa	Anillo vascular angosto
	Intensidad del color predominante de la piel	Intenso oscuro
	Color secundario de la superficie de la piel	Rojo
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	En las cejas

Accesion 014	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen	Forma de tubérculo	Comprimido
	Profundidad de ojos	Medio
	Color predominante de la piel	Marron
	Color predominante de la pulpa	Blanco
	Color secundario de la pulpa	Violeta
	Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa
	Intensidad del color predominante de la piel	Intermedio
	Color secundario de la superficie de la piel	Morado
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	Manchas salpicadas

Accesion 018	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen	Forma de tubérculo	Alargado
	Profundidad de ojos	Medio
	Color predominante de la piel	Negruzco
	Color predominante de la pulpa	Crema
	Color secundario de la pulpa	Ausente
	Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa
	Intensidad del color predominante de la piel	Intenso oscuro
	Color secundario de la superficie de la piel	Ausente
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	Ausente

Accesion 020	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen	Forma de tubérculo	Alargado
	Profundidad de ojos	Sobresaliente
	Color predominante de la piel	Amarillo
	Color predominante de la pulpa	Amarillo
	Color secundario de la pulpa	Ausente
	Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa
	Intensidad del color predominante de la piel	Intermedio
	Color secundario de la superficie de la piel	Morado
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	Manchas salpicadas

Accesion 023	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen	Forma de tubérculo	Eliptico
	Profundidad de ojos	Medio
	Color predominante de la piel	Negrusco
	Color predominante de la pulpa	Amarillo
	Color secundario de la pulpa	Violeta
Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa	Pocas manchas
	Intensidad del color predominante de la piel	Intenso oscuro
	Color secundario de la superficie de la piel	Ausente
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	Ausente

Accesion 024	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen 	Forma de tubérculo	Elíptico
	Profundidad de ojos	Medio
	Color predominante de la piel	Rojo
	Color predominante de la pulpa	Blanco
	Color secundario de la pulpa	Ausente
Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa	Ausente
	Intensidad del color predominante de la piel	Palido claro
	Color secundario de la superficie de la piel	Amarillo
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	Manchas salpicadas

Accesion 030	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen 	Forma de tubérculo	Oblongo
	Profundidad de ojos	Medio
	Color predominante de la piel	Marron
	Color predominante de la pulpa	Blanco
	Color secundario de la pulpa	Ausente
Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa	Ausente
	Intensidad del color predominante de la piel	Manchas salpicadas
	Color secundario de la superficie de la piel	Morado
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	Machas salpicadas

Accesion 032	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen	Forma de tubérculo	Comprimido
	Profundidad de ojos	Profundo
	Color predominante de la piel	Negrusco
	Color predominante de la pulpa	Blanco
	Color secundario de la pulpa	Ausente
	Distribucion del color secundario de la pulpa	Ausente
Kallutaca	Intensidad del color predominante de la piel	Intense oscuro
	Color secundario de la superficie de la piel	Amarillo
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	Alrededor de los ojos

Accesion 036	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen	Forma de tubérculo	Comprimido
	Profundidad de ojos	Medio
	Color predominante de la piel	Negrusco
	Color predominante de la pulpa	Blanco
	Color secundario de la pulpa	Ausente
	Distribucion del color secundario de la pulpa	Ausente
Kallutaca	Intensidad del color predominante de la piel	Intense oscuro
	Color secundario de la superficie de la piel	Ausente
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	Ausente

Accesion 042	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen 	Forma de tubérculo	Comprimido
	Profundidad de ojos	Medio
	Color predominante de la piel	Negrusco
	Color predominante de la pulpa	Morado
	Color secundario de la pulpa	Rojo
Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa	Pocas manchas
	Intensidad del color predominante de la piel	Intermedio
	Color secundario de la superficie de la piel	Amarillo
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	En los ojos

Accesion 043	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen 	Forma de tubérculo	Redondo
	Profundidad de ojos	Superficial
	Color predominante de la piel	Rojo
	Color predominante de la pulpa	Blanco
	Color secundario de la pulpa	Ausente
Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa	Ausente
	Intensidad del color predominante de la piel	Intermedio
	Color secundario de la superficie de la piel	Blanco crema
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	En las cejas

Accesion	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
044		
Imagen 	Forma de tubérculo	Oblongo alargado
	Profundidad de ojos	Medio
	Color predominante de la piel	Amarillo
	Color predominante de la pulpa	Blanco
	Color secundario de la pulpa	Ausente
Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa	Ausente
	Intensidad del color predominante de la piel	Intermedio
	Color secundario de la superficie de la piel	Blanco crema
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	En las cejas

Accesion	Caracterizacion morfológica de tubérculo	
Imagen 	Forma de tubérculo	
	Profundidad de ojos	
	Color predominante de la piel	
	Color predominante de la pulpa	
	Color secundario de la pulpa	
Kallutaca	Distribucion del color secundario de la pulpa	
	Intensidad del color predominante de la piel	
	Color secundario de la superficie de la piel	
	Distribucion del color secundario de la piel del tubérculo	

4.6. Análisis de conjunto entre variables cualitativas

Cuadro 13. Análisis de los resultados de correlación en diagnóstico de las variables cualitativas evaluadas en la campaña agrícola 2022 -2023 de la Estación Experimental de Kallutaca

	CF	FC	HP	FAT	FBF	CT	CH	CPP	ICP	CSP	DCS	CPU	CSU	DSP	FGT	PO
CF	1,00															
FC	-0,08	1,00														
HP	0,21	-0,05	1,00													
FAT	-0,21	0,26	-,650**	1,00												
FBF	0,02	-0,06	-0,11	0,04	1,00											
CT	-0,22	-0,04	-0,36	0,30	0,00	1,00										
CH	0,25	-0,23	-0,12	-0,25	0,18	0,02	1,00									
CPP	0,13	-0,41	-0,17	-0,01	-0,07	,627**	0,21	1,00								
ICP	0,18	-0,30	-0,29	0,08	-0,02	,527**	0,20	,827**	1,00							
CSP	-0,08	,621**	-0,03	0,05	0,35	-0,27	-0,03	-,512*	-0,23	1,00						
DCS	-0,19	,551**	0,11	-0,09	0,40	-0,23	-0,05	-,478*	-0,32	,841**	1,00					
CPU	0,14	-0,32	0,25	-0,32	-0,11	-0,27	0,15	0,16	0,24	-0,28	-0,30	1,00				
CSU	-0,07	-0,25	0,24	-0,14	-0,08	0,13	-0,14	0,25	0,20	-0,04	-0,23	0,28	1,00			
DSP	-0,15	-0,21	0,15	-0,04	-0,15	0,09	-0,19	0,22	0,18	-0,02	-0,21	0,29	,964**	1,00		
FGT	0,28	0,05	,450*	-0,40	-0,36	-,410*	-0,10	-0,10	0,03	0,05	0,04	,632**	0,28	0,32	1,00	
PO	0,22	-0,05	0,03	-0,02	0,12	0,27	0,14	0,19	0,12	-0,13	-0,07	-,508*	-0,13	-0,25	-,492*	1,00

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Elaboración propia,2024

a) Correlaciones significativa de forma de alas de tallo (FAT) y habito de tallo (HP)

según el Cuadro 13, el valor estadístico r de Spearman es de -0,650 además esta relación es muy significativa. Por lo que se puede afirmar con un 99% de confianza que en el ámbito de estudio hay una correlación negativa moderada entre la variable forma de alas de tallo (FAT) y habito de tallo (HP).

b) Correlaciones significativa del color predominante de la piel (CPP) y color de tallo (CT)

De acuerdo a los resultados del análisis de correlación de Spearman en el Cuadro 13, el valor del estadístico r de Spearman es de 0,627 además esta relación es muy significativa. por lo que se puede afirmar con un 99% de confianza que en el ámbito de estudio hay una correlación positiva moderada entre las variables color predominante de la piel (CPP) y el color de tallo (CT).

c) correlaciones entre la intensidad del color predominante de la piel (ICP), color de tallo (CT) y color predominante de la piel (CPP)

Según el Cuadro 13, la variable de intensidad del color predominante de la piel (ICP), presento asociaciones altamente significativas. Por lo que se puede afirmar con un 99% de confianza en el ámbito de estudio hay una correlación positiva perfecto, color de tallo (CT) y color predominante de la piel (CPP), con coeficientes comprendidos entre 0,527 y 0,827. Estos resultados indican que las accesiones de papa nativa con la intensidad del color predominante de la piel tienen una correlación muy significativa con el color de tallo y color predominante de la piel.

d) Correlación significativa del color secundario de la superficie de la piel (CSP) y forma de corola de la flor (FC)

según el Cuadro 13, la variable del color secundario de la superficie de la piel (CSP), formo una asociación significativa con la forma de corola de la flor (FC) ($r = 0,621$), demostrando una relación positiva con un nivel de significancia de 99% de confianza que en el ámbito de estudio hay una correlación positiva.

e) Correlaciones entre distribución del color secundario de la piel del tubérculo (DCS), forma de corola de la flor (FC) y color secundario de la superficie de la piel (CSP)

Según los resultados en el Cuadro 13, la variable de distribución del color secundario de la piel del tubérculo (DCS), forma asociación es significativa con la forma de corola de la flor (FC) ($r = 0,551$) y color secundario de la superficie de la piel (CSP) ($r = 0,841$) demostrando la presencia de una relación positiva con un nivel de significancia de 99% de confianza que en el ámbito de estudio hay una correlación positiva.

f) Correlación significativa distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo (DSP) y color secundario de la pulpa (CSU)

De acuerdo a los resultados de correlación de Spearman en el Cuadro 13, el valor del estadístico r de Spearman es de 0,964 además esta relación es muy significativa. Por lo que se puede afirmar con un 99% de confianza que en el ámbito de estudio hay una correlación positiva moderada entre la variable distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo (DCSPT) y color secundario de la pulpa (CSU).

g) Correlación significativa de forma general de tubérculo (FGT) y color predominante de la pulpa (CPU)

Según el Cuadro 13, el valor estadístico r de Spearman es de 0,632 además esta relación es muy significativa. Por lo que se puede afirmar con un 99% de confianza que en el ámbito de estudio hay una correlación positiva moderada entre la variable forma general de tubérculo (FGT) y el color predominante de la pulpa (CPU).

4.7. Análisis de conjunto entre variable cuantitativa

Cuadro 14. Análisis de los resultados de correlación en diagnóstico de la variable cuantitativa evaluadas en la campaña agrícola 2022 -2023 de la Estación Experimental de Kallutaca

	AP	NF	NFL	NIF	NIP	NTL	NTP	NOT	PDT
AP	1,00								
NF	,592**	1,00							
NFL	-,204*	-0,13	1,00						
NIF	-0,03	-0,13	,378**	1,00					
NIP	-0,03	-0,03	,379**	,376**	1,00				
NTL	0,03	0,03	0,03	0,02	0,08	1,00			
NTP	0,19	0,10	0,08	-0,12	0,14	,339**	1,00		
NOT	-,250*	-0,17	0,11	0,00	0,00	0,12	,209*	1,00	
PTP	,667**	,541**	-0,17	-0,08	-0,06	0,03	,408**	-0,16	1,00

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Elaboración propia,2024

h) correlación significativa de número tubérculo por planta (NTP) y número de tallo (NTL)

Según el Cuadro 14, el valor del estadístico r de Pearson es de 0,339 además esta relación es muy significativa. Por lo que se puede afirmar con un 99% de con fianza que en el ámbito de estudio hay m una correlación positiva baja entre las variables número de tubérculo por planta (NTP) y número de tallo (NTL).

i) Correlación significativa del peso del tubérculo por planta (PTP), número de flores (NF), altura de planta (APL) y número de tubérculo por planta (NTP)

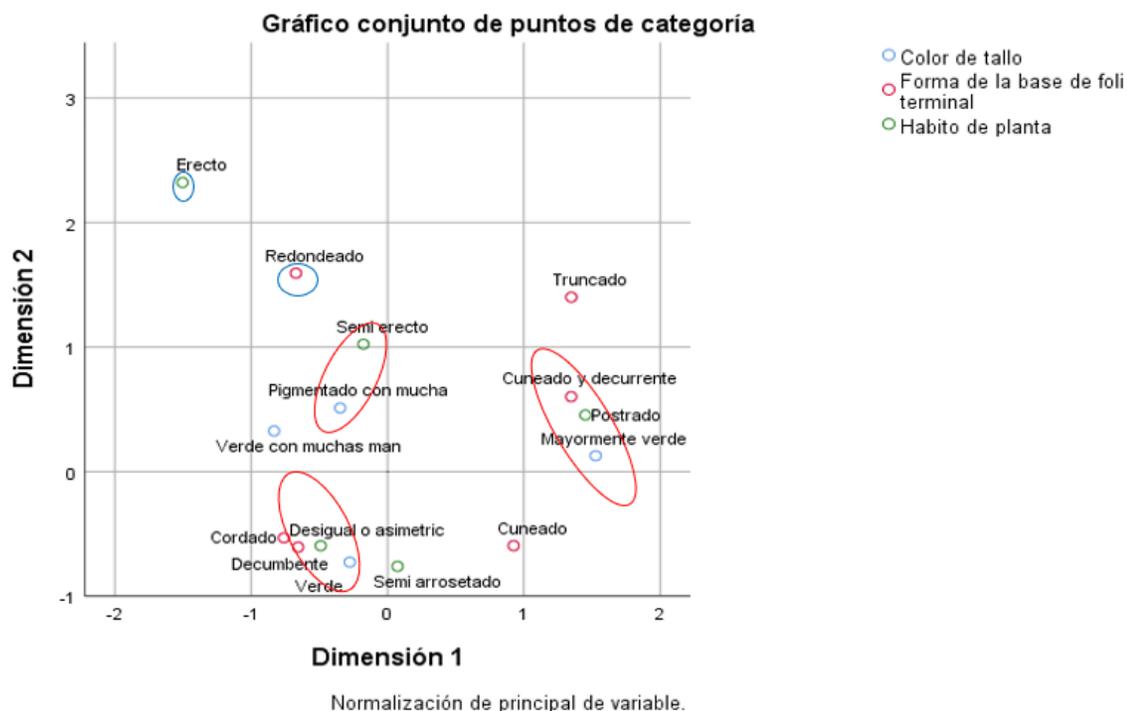
De acuerdo a los resultados del análisis de correlación de Pearson Cuadro 14, la variable de del peso del tubérculo por planta (PTP), presento una relación con las variables, número de flores (NF) el valor del estadístico r de Pearson es de 0,541 además esta correlación es significativa, por lo que se puede afirmar con un 99% de confianza que en el ámbito de estudio hay una correlación positiva alta. Con la variable altura de planta (APL) el valor de r Pearson es de 0,667 además esta relación es muy significativa para lo que se puede afirmar con un 99% de confianza que en el ámbito de estudio hay una relación positiva alta. Con el número de tubérculos por planta se obtiene un valor de r de Pearson de 0,408 además que esta relación es muy significante por lo que se puede afirmar 99% de confianza que en el ámbito de estudio hay una correlación positiva moderada.

j) Correlaciones entre número de interhojuelas sobre los peciolulos (NIP), número de foliolos laterales (NFL) y número de interhojuelas entre foliolos laterales (NIF)

Según el Cuadro 14, la variable número de interhojuelas sobre los peciolulos (NIP), presenta asociaciones altamente significativas, con número de interhojuelas entre foliolos laterales (NIF) ($r = 0,376$) y número de foliolos laterales (NFL) ($r = 0,378$) Por lo que se puede afirmar con un 99% de confianza que en el ámbito de estudio hay una correlación positiva perfecta.

4.8. Análisis de correspondencia múltiple de variables cualitativas

Figura 6. Análisis de correspondencia de la variable color de tallo (CT), habito de planta (HP) y forma de la base de foliolo terminal (FBF)



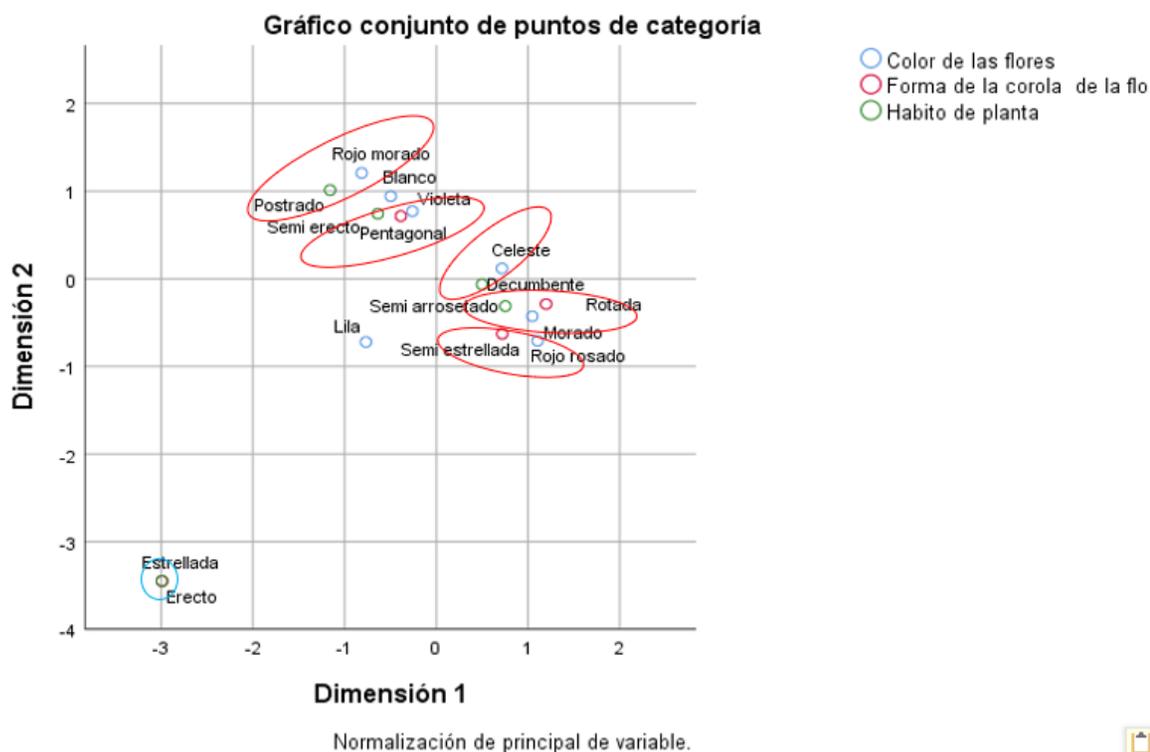
Según la Figura 6, de análisis de correspondencia múltiple para las variedades cualitativas se observó en el primer grupo, donde se puede llegar a apreciar una relación entre las variables de (CT) verde, (HP) decumbente y el (FBF) desigual o asimétrico.

Como se puede observar en la Figura 6, de análisis correspondencia múltiple para las variables cualitativas en el segundo grupo se puede encontrar una relación entre las variables (FBF) cuneado y decurrente (con alas), (HP) postrado y (CT) mayormente verde.

De acuerdo con la Figura 6, de análisis correspondencia múltiple para variables cualitativas se observó un tercer grupo donde se puede llegar a observar una asociación entre las variables (CT) pigmentado con muchas manchas verde y (HP) semi erecto.

En la Figura 6, también se puede llegar a observar que las variables (HP)erecto y la variable (FBF) redondeado no presentan ninguna relación con unas variables.

Figura 7. Análisis de correspondencia múltiple para las variables color de las flores (CF), forma de la corola de la flor (FC) y habito de planta (HP)



De acuerdo con la Figura 7, de análisis correspondencia múltiple para variables cualitativas se observó un tercer grupo donde se puede llegar a observar una asociación de variables (CF) rojo morado, (HP) postrado.

Como se puede observar en la Figura 7, de análisis correspondencia múltiple para las variables cuantitativas en el segundo grupo se puede encontrar una relación entre las variables (CF) violeta, (FC) pentagonal y (HP) semi erecto.

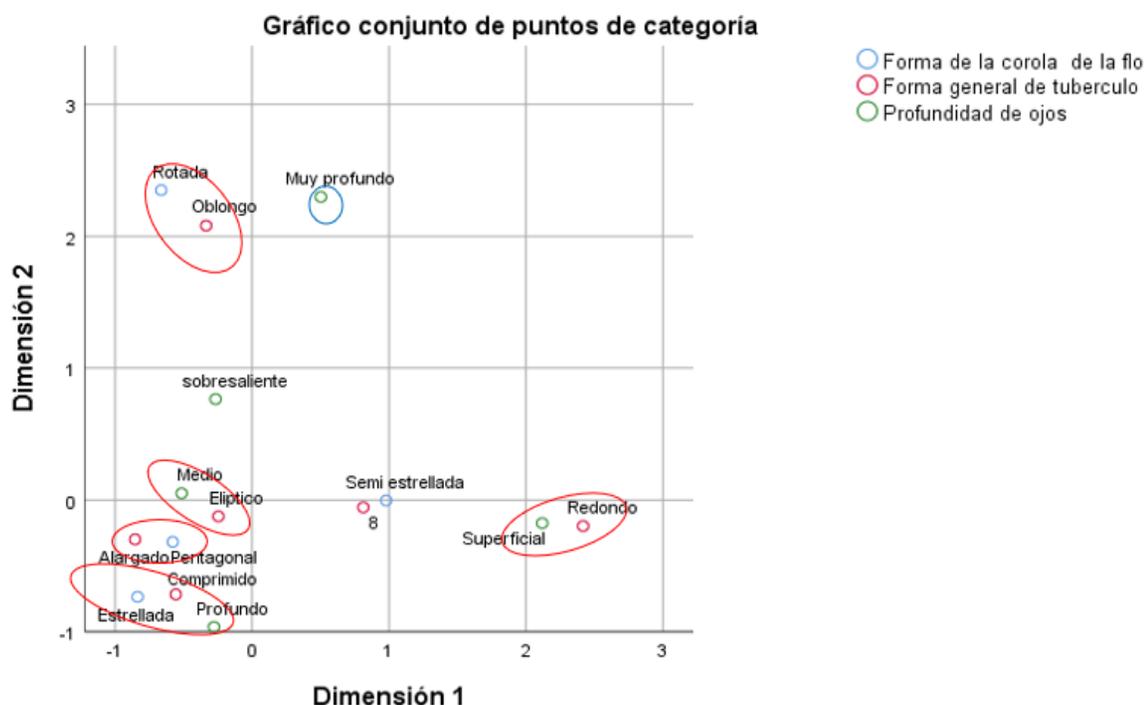
Según la Figura 7, de análisis correspondencia múltiple para las variables cualitativas se observó el cuarto grupo, donde se puede llegar a apreciar una relación entre las variables de (CF) celeste, (HP) decumbente.

Según la Figura 7, de análisis de correspondencia múltiple para las variedades cualitativas se observó en el primer grupo, donde se puede llegar a apreciar una relación entre las variables de (HP) semi arrosado, (CF) morado y el (FC) rotada.

Según la Figura 7, de análisis de correspondencia múltiple para las variables cualitativas se observó en el primer grupo, donde se puede apreciar una relación entre las variables de (FC) semi estrellada, (CF) rojo rosado.

En la Figura 7, también se puede llegar a observar que las variables (HP)erecto y la variable (FC) estrellada presentan una relación muy cerca entre variables.

Figura 8. Análisis de correspondencia múltiple para las variables forma de la corola de la flor (FC), forma general de tubérculo (FGT) y profundidad de ojos (PO)



Según la Figura 8, de análisis de correspondencia múltiple para las variables cualitativas se puede llegar a observar el primer grupo que tiene una relación muy cerca entre variables (FC) estrellada, (FGT) profundo y el (PO) comprimido.

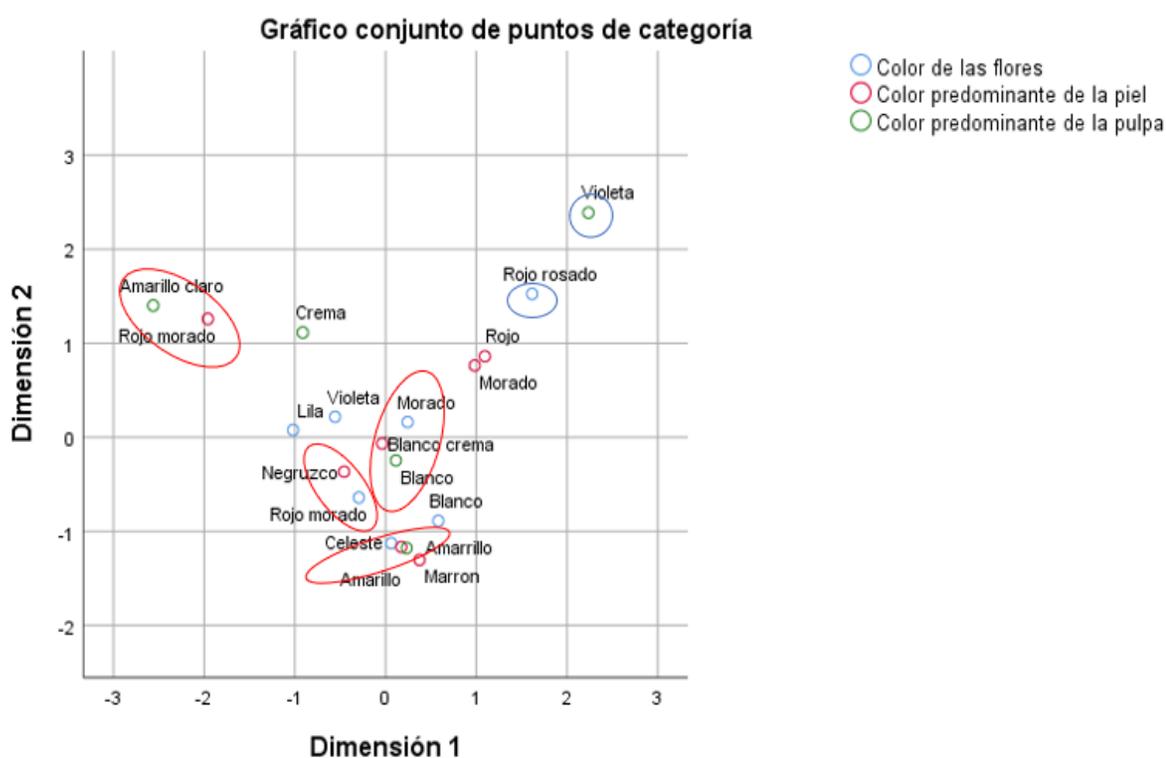
Como se puede observar en la Figura 8, de análisis correspondencia múltiple para las variables cualitativas en el segundo grupo se puede encontrar una relación muy cerca entre variables (FGT) alargado y (FC) pentagonal.

De acuerdo con la Figura 8, de análisis correspondencia múltiple para variables cualitativas se observó un tercer grupo donde se puede llegar a observar una asociación de variables (PO) medio, (FGT) elíptico.

Según la Figura 8, de análisis correspondencia múltiple para las variables cualitativas se observó el cuarto grupo, donde se puede llegar a apreciar una relación entre las variables de (PO) superficial, (FGT) redondo.

De acuerdo con la Figura 8, de análisis correspondencia múltiple para variables cualitativas se observó un quinto grupo donde se puede llegar a observar una asociación entre las variables de (FGT) oblongo y el (FC) rotada.

Figura 9. Análisis de correspondencia para las variables color de las flores (CF), color predominante de la piel (CPP) y color predominante de la pulpa (CPU)



Según la Figura 9, de análisis de correspondencia múltiple para las variables cualitativas se observó en el primer grupo, donde se puede apreciar una relación entre las variables de (CPU) amarillo claro, (CPP) rojo morado.

Como se puede observar en la Figura 9, de análisis correspondencia múltiple para las variables cuantitativas en el segundo grupo se puede encontrar una relación entre las variables (CF) morado, (CPP) blanco crema y (CPU) blanco.

DE acuerdo con la Figura 9, de análisis correspondencia múltiple para variables cualitativas se observó un tercer grupo donde se puede llegar a observar una asociación entre las variables (CPP) negruzco, (CF) rojo morado.

Según la Figura 9, de análisis correspondencia múltiple para las variables cualitativas se puede llegar a observar un cuarto grupo que tiene una relación muy cerca entre las variables (CF) celeste, (CPP) amarillo y variable (CPU) amarillo.

En la Figura 9, también se puede llegar a observar que las variables (CPU) violeta y la variable (CF) rojo rosado no presenta ninguna relación con las otras variables.

5. CONCLUSIONES

Como la conclusión, según la hipótesis planteada, se observó una diferencia significativa en la caracterización morfológica de los tubérculos en las 24 accesiones que son: 022, 008, 028, 015, 035, 011, 014, 030, 018, 020, 002, 043, 044, 005, 013, 023, 042, 032, 036, 024, 001, 010, 029 y 007, que corresponden a las nativas de papa estudiadas.

- En la presente investigación realizada en la Estación Experimental de Kallutaca se han podido determinar la productividad de la papa nativa (*Solanum sp*) de 24 accesiones de las diferentes características en la morfología de tubérculos, taxonomía, que actualmente están siendo conservadas por la Universidad Pública de El Alto; las cuales fueron caracterizada sobre 11 variables cuantitativas los cuales son: día de floración (DF), donde las accesiones 007,029,042,018,011,028 son las que más rápido florecieron en 60 días. Altura de planta (APL) número de flores (NF), número de foliolos laterales (NFL), número de interhojuelas entre foliolos laterales (NIF), número de interhojuelas sobre los peciolulos (NIP), número de tallo (NTL), número de tubérculo (NDT), número de ojos de tubérculo (NOT), peso de tubérculo por planta (PDT), dentro de esta variables cuantitativas nos muestra los resultados que en día de emergencia (DE) presenta un rango de 30 a 45 días después de la siembra y la gran mayoría de la variables están dentro de los rangos que mencionan los autores, existen una diversidad morfológica, los datos dispersos mostrándonos la influencia los factores ambientales donde se cultiva, de la calidad semilla y condiciones de clima.
- Se identifico los materiales promisorios en mayor potencial en función de la productividad en la Estación Experimental de Kallutaca, se evaluaron las siguientes características: hábito de planta (HP), color de la hoja (CH), color de las flores (CF), forma de la base del foliolo terminal (FBF), color del tallo (CT), forma de la corola (FC), forma del tubérculo (FT), profundidad de ojos (PO), color predominante de la piel (CPP), color predominante de la pulpa (CPU), color secundario de la pulpa (CSU), intensidad del color predominante de la piel (ICP), color secundario de la superficie de la piel (CSP), distribución del color secundario de la pulpa (DSU) y distribución del color secundario de la piel del tubérculo (DCS). Las accesiones más destacadas en términos de rendimiento y productividad son las siguientes: accesión 005, 002, 032, 015, 023, 043, 044, 013 y 007. En cuanto a las variables cualitativas, se observa una notable diversidad de materiales promisorias.

6. RECOMENDACIONES

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

- Se recomienda continuar con los trabajos de caracterización, evaluación y productividad de la papa nativa en el mismo sitio donde se realizó el presente estudio de investigación. Esta continuidad permitirá observar, verificar la estabilidad y profundizar la investigación de los materiales genéticos en la estación experimental kallutaca. Además, la repetición de estos estudios en el mismo lugar contribuirá a validar los hallazgos obtenidos.
- Se recomienda sembrar las accesiones 044, 032, 007 y 005 en la región del altiplano debido a su notable resistencia a factores ambientales adversos, como las heladas, granizadas y así mismo por su buena calidad de la producción. Estas accesiones han demostrado ser especialmente adaptadas a las condiciones específicas del altiplano, lo que las hace aptas para la producción en esta región y una mayor estabilidad en la producción agrícola, asegurando una cosecha más confiable y de mejor calidad.
- Así mismo se recomienda la continuación del trabajo de investigación con la caracterización en morfología y en tubérculos de las accesiones de papa nativa en las diferentes regiones del altiplano, para observar los comportamientos de las accesiones investigadas.
- Se sugiere seleccionar semillas de tamaño adecuado, entre 30 y 60 gramos por tubérculo, y garantizar que estén libres de enfermedades y plagas. Asegúrese de que las semillas estén firmes y sin signos de daño.
- Se recomienda sembrar las papas nativas a una profundidad de 30 cm, asegurando que la distancia entre las plantas sea de 30 cm y la separación entre surcos de 60 a 70 cm. Esta configuración permite un desarrollo adecuado de las raíces y el crecimiento saludable de las plantas, lo cual es fundamental para obtener una buena cosecha. Además, la adaptación de estos parámetros puede variar según las diferentes accesiones de papa nativa, por lo que es importante ajustar la densidad de siembra y las distancias en función de las características específicas de cada accesión para optimizar los rendimientos.

7.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Caracterización morfológica de tubérculos de la papa amarga según el diálogo de saberes. Revista de Investigacion e Innovacion Agropecuaria y de Recursos Naturales. Place Published. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182019000200003
- Alcon, F. L. 2023. La papa en Bolivia, situación actual y alternativas. Cipca. Place Published.
- Avalos, C. M. 2022. CARACTERIZACIÓN MORFOLOGICA DE ACCESIONES DE PAPAS NATIVAS (*Solanum* spp.) DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA. Tesis Ing.Agr. La Paz- Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 131 p. Disponible en file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/T-3115_240814_170522.pdf
- Bastos, Z. C. 2015. Siembra de papa nativa. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Place Published.
- Bautista, C. M. J. 2023. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE PAPAS NATIVAS (*Solanum* spp.) CULTIVADAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA MATIPACANA, YAULI, HUANCVELICA. Tesis Ing.Agr. LIMA - PERÚ. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. 89 p. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5802/bautista-condori-max-joel.pdf?seque>
- Bioiberica. 2022. Fisiología del estrés por frío y heladas. Bioiberica. Place Published.
- Blog, a. 2024. Etapas fenológicas del cultivo de la papa. Blog agricultura. Place Published. Disponible en <https://blogagricultura.com/etapas-fenologicas-papa/>
- Burgos, G. 2019. Potencial nutricional de la papa. Centro Internacional de la papa (CIP). (1): 17. Disponible en <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2019/08/CIP-PANAMERICANOS-LIMA-2019.pdf>
- Cadima, X.;Veramendi, S. y Gabriel, J. 2013. Uso de marcadores moleculares microsatelite para el análisis de la diversidad genética de papa nativa de Bolivia. Journal of the Selva Andina Research Society. Place Published. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942013000100003
- Chacón, L. 2020. Día Nacional de la Papa: ¿por qué es tan importante este producto?
- SPDA ACTUALIDAD AMBIENTAL. Place Published. Disponible en <https://www.actualidadambiental.pe/dia-nacional-de-la-papa-por-que-es-tan-importante-este-producto/#:~:text=Las%20papas%20nativas%20secas%20y,este%E2%80%9D%2C%20comenta%20Ren%C3%A9%20G%C3%B3mez>
- Charca, P. G. 2018a. Caracterizacion Agronomica de Tuberculos Andinos (*Solanum tuberosum* subsp. Andigena) y conocimientos ancestrales asociados en el municipio de Tito Yupanqui del Departamento de La Paz. Tesis Ing.Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 103 p. Disponible en

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18366/T-2542.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Charca, P. G. 2018b. Caracterización Agronómica de Tubérculos Andinos (*Solanum tuberosum* subsp. Andigena) y conocimientos ancestrales asociados en el Municipio de Tito Yupanqui del Departamento de La Paz. Tesis Ing.Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés 107 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18366/T-2542.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Choque, S. E. C. y Mena, H. F. C. 2019. Caracterización de la adaptabilidad de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum*), introducidas en el Altiplano Centro del departamento de La Paz. Ingeniería Agronómica – UMSA. Place Published. Disponible en file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/admin,+v5.n3.a03%20(2).pdf
- Condori, M. J. 2023. “Descripción morfológica de papas nativas (*Solanum* spp.) cultivadas en la comunidad campesina Matipacana, Yauli, Huancavelica” Tesis Ing.Agr. LIMA - PERÚ Universidad Nacional Agraria la Molina 89 p. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5802/bautista-condori-max-joel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Devaux, A.;Ordinola, M.;Hibon, A. y Flores, R. 2015. El sector papa en la región andina Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Lima - Perú Producido por el Departamento de Comunicación y Difusión (CPAD) 380 p.
- Fabian, Q. J. H. 2023. “Caracterización morfológica de catorce variedades de papa del Altiplano Central en la Estación Experimental de Patacamaya”. Tesis Ing.Agr. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 138 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/33786/T-3190.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO, P. d. S. 2018. Portal de Suelos de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Place Published.
- González, P. L.;Osorio, D. M. y Suarez, F. 2014. Caracterización morfoagronómica de variedades de papas nativas y de uso local colectadas en el estado Mérida, Venezuela. Agronomía Tropical. Place Published. Disponible en https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2014000200010
- Jiménez, E.;Romero, A. y Gilles, J. 2014. “Cambio climático, diversidad de papa y conocimiento local en el Altiplano Boliviano”. La Paz-Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. . 17 p.
- Orihuela, N. E. B. 2018a. Caracterización y Evaluación Agronómica de papas nativas en la Estación Experimental de Patacamaya. Tesis Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 161 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18403/T-2558.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Orihuela, N. E. B. 2018b. Caracterización y evaluación agronómica de papas nativas en la Estación Experimental de Patacamaya. Tesis Ing.Agr. La Paz – Bolivia Universidad

Mayor de San Andrés 161 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18403/T-2558.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Palacios, Q. C. 2018. “Indicadores morfológicos y fisiológicos de la reacción a bajas temperaturas en plantas de papas nativas (*Solanum* spp.)” Tesis Ing.Agr. Lima – Perú Universidad Nacional Agraria la Molina 77 p. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3671/quintana-palacios-cristina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Portillo, G. 2023. Granizo: qué es, cómo se forma y tipos. Ecología verde. Place Published. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/granizo-que-es-como-se-forma-y-tipos-4691.html>
- Punina, A. E. I. 2017. “Evaluación Agronómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) c.V. “Fripapa” a la aplicación de tres abonos completos”. Tesis Ing.Agr. Ambato - Ecuador. Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Agronómica. 70 p. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6532/1/Tesis69%20%20%20Ing-enier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20210.pdf>
- Quenta, F. M. 2022. La papa en Bolivia, situación actual y alternativas. CIPCA Regional Altiplano. Place Published.
- Quintana, P. C. E. 2018. “Comportamiento agronómico de cuatro cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) en zona agroecológica de sierra alta” Tesis Ing.Agr. Arequipa-Perú Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. 93 p.
- Ramos, Y. B. C. 2016. Identificación de variedades perdidas de papa (*Solanum* sp.) y los factores que incidieron en su desaparición en tres Comunidades del Municipio de Batallas. Tesis Ing.Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 156 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10710/T-2368.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ríos, N. 2016. Producción de papa en Bolivia Sepa – su Aliado Estratégico. Associação Brasileira da Batata. Place Published. Disponible en <https://www.abbatatabrasileira.com.br/materias-das-revistas/produccion-de-papa-en-bolivia-sepa-su-aliado-estrategico/>
- Rodríguez , L. E. 2017. Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Tropical*. Place Published. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652010002&script=sci_arttext
- Rojas, B. J. A.;Rojas, V. E. L. y Paco, C. P. 2022. Importancia de la biodiversidad de la papa y otros cultivos en los Andes de Bolivia. FONTAGRO. Place Published. Disponible en <https://www.fontagro.org/new/noticias/361/es/importancia-de-la-biodiversidad-de-la-papa-y-otros-cultivos-en-los-andes-de-bolivia>
- Rosero, A. M. G.;Tapie, W. A. y Rosero , A. D. A. 2020. Diversidad fenotípica de papas nativas en las comunidades indígenas de la etnia de los Pastos (Nariño, Colombia):

Agricultura ecológica para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. Revista Peruana de Biología. Place Published.

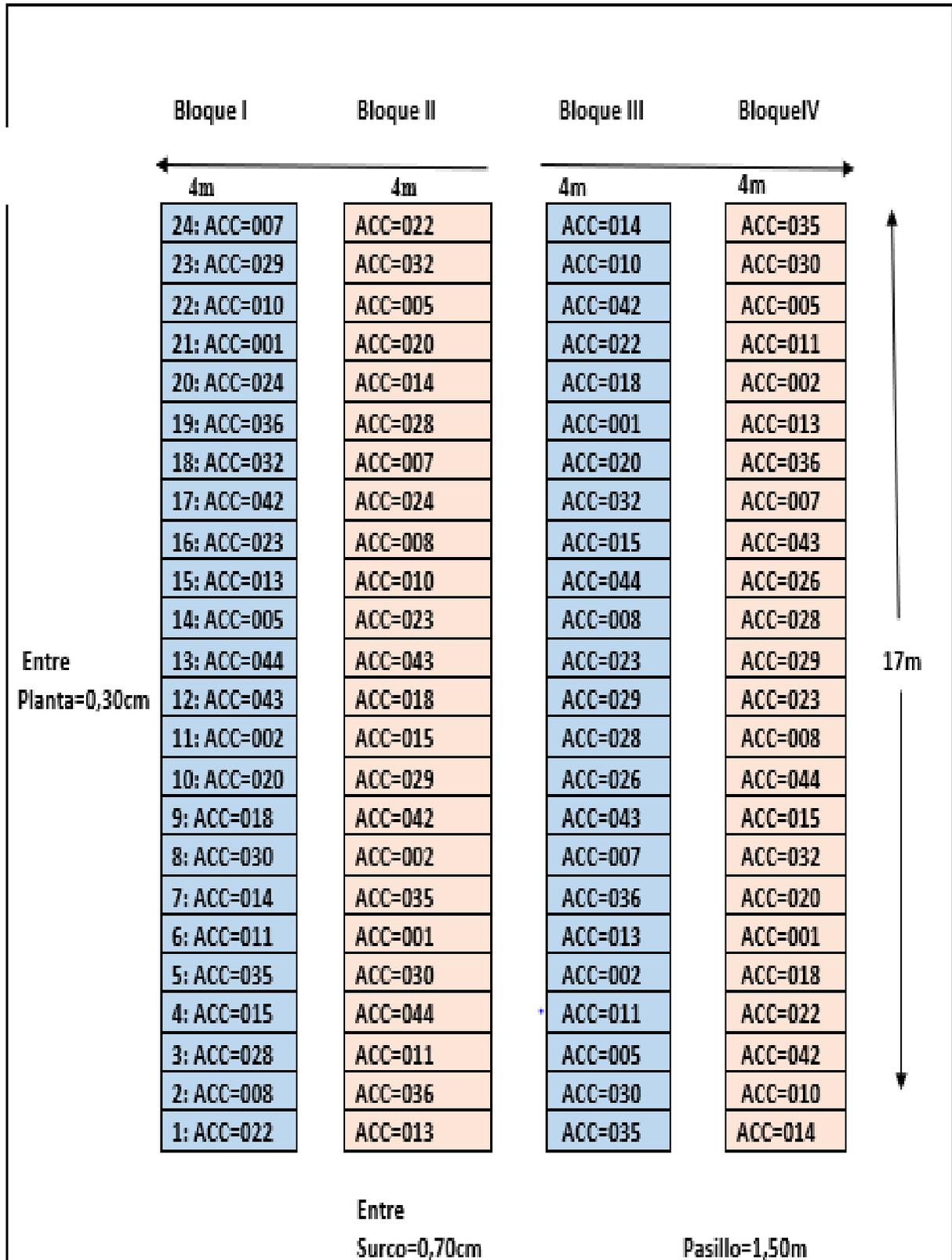
Silvera, R. W. 2018. "Caracterización morfológica de papas nativas (*Solanum* spp.) de la Provincia de Andahuaylas, Apurímac". Tesis Ing.Agr. Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 107 p. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3360/silvera-rivera-walter.pdf?sequence=1>

SENAMHI, 2020 (Departamento de suministro de información hidrometeorológico).

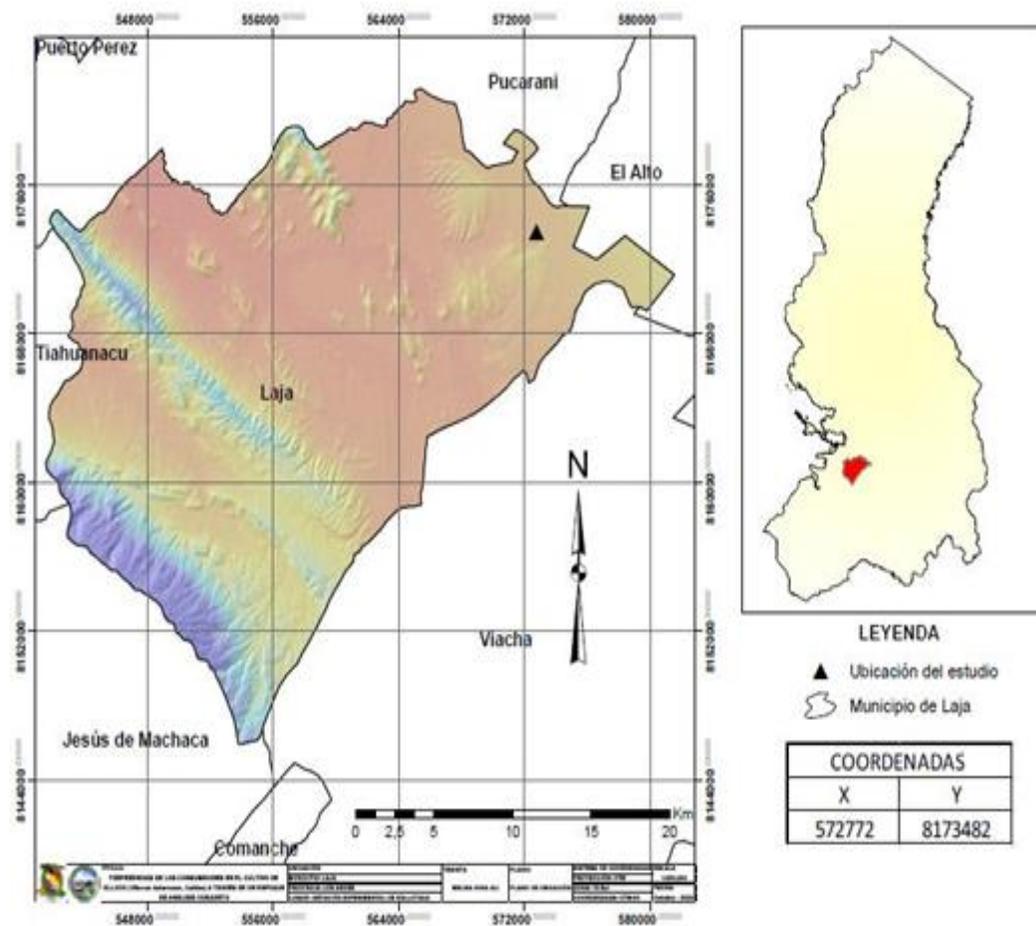
Ticona, F. O. 2023. La papa en Bolivia, situación actual y alternativas. Cipca. Place Published. Disponible en <https://cipca.org.bo-opinion/articulos-de-opinion/la-papa-en-bolivia-situacion-actual-y-alternativas>

1. ANEXOS

Anexo 1. Croquis



Anexo 2. Ubicación geográfica del trabajo de campo



a) Ubicación geográfica de la estación Experimental de Kallutaca

Anexo 3. Preparación de terreno de parcela



a) Limpieza del terreno



b) Sacado de zanga



c) Después del trabajo



d) Nivelación del terreno



e) Trasteo de abono



f) Abonamiento

Anexo 4. Siembra



a) Selección de tubérculos



b) Apertura de los surcos



c) Siembra de papa nativa



d) Tapado de las semillas

Anexo 5. Cuidado del cultivo



a) Riego desde la siembra, hasta la emergencia



b) Emergencia



c) Marbeteado



d) Desyerbado





g) Etapa de floración

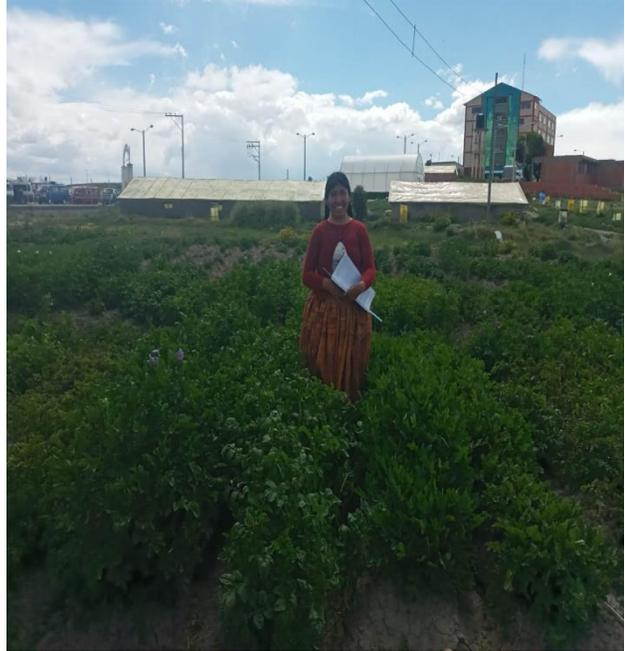


h) Maduración de tubérculos

Anexo 6. Recolección de datos

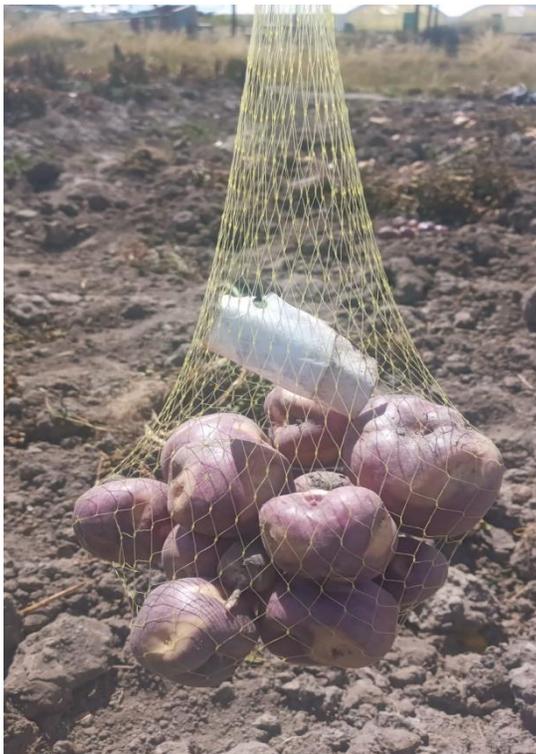


a) Toma de variables cualitativas



b) Recolectando datos

Anexo 7. Cosecha del tubérculo



a) Cosecha de las papas nativas



b) Selección de papa nativa



c) Almacenamiento de las papas nativas

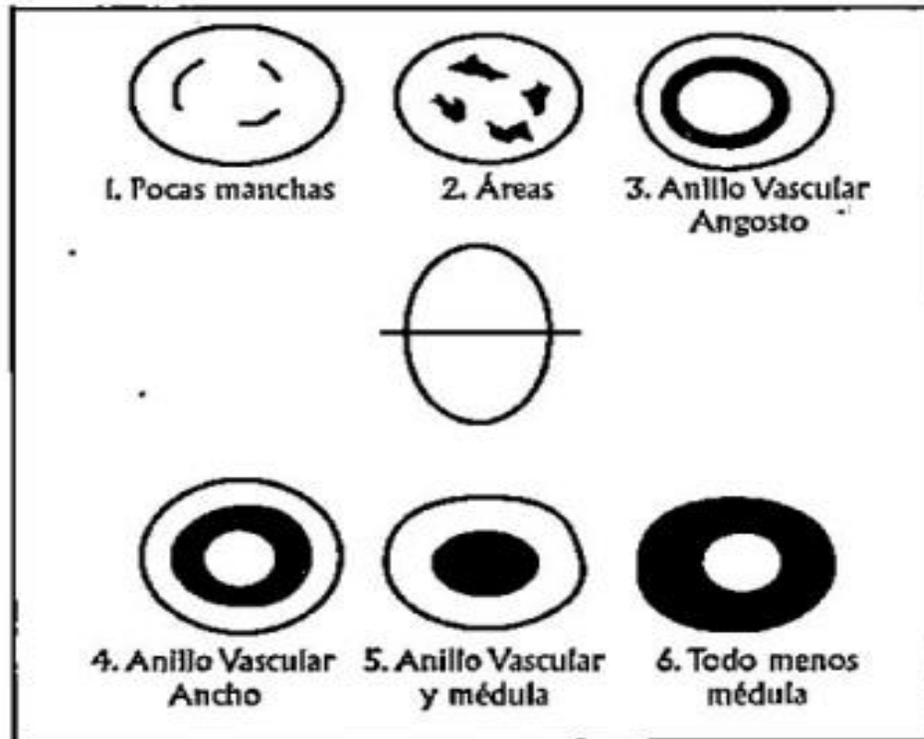


d) Cosecha finalizada Anexo

Anexo 8. Material de caracterización del tubérculo

Color Básico del Tubérculo		Intensidad del Color		
		1	2	3
Blanco-crema	1	155D*	159D	159C
Amarillo	2	1B	7C	9A
Anaranjado	3	14B	21B	24B
Marrón	4	161B	163B	165B
Rosado	5	69B	75B	67D
Rojo	6	45C	46B	53A
Morado rojizo	7	N57A	61A	72A
Morado	8	N78A	77A	79C
Morado violeta	9	N88B	N89B	N92C

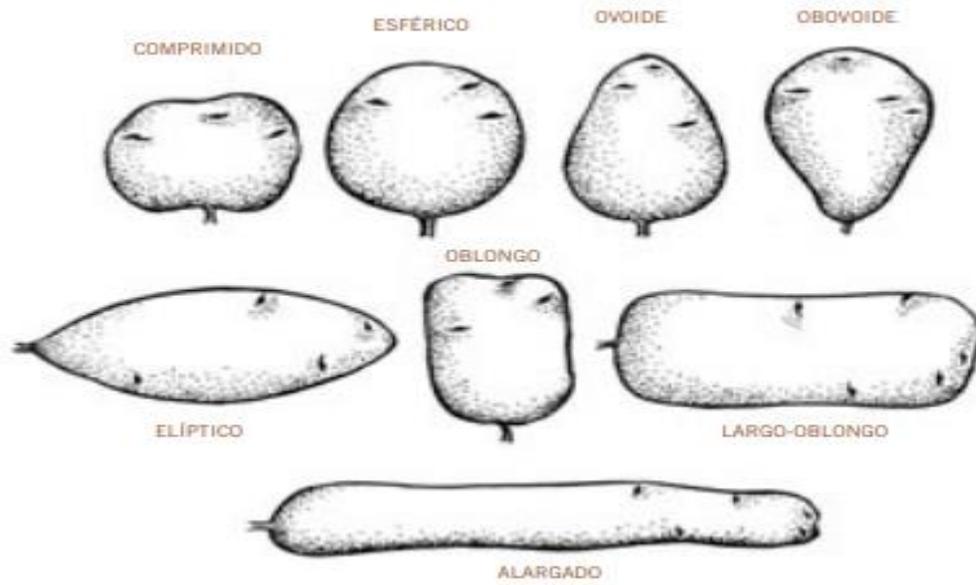
a) Tabla de colores de la piel de tuberculo



a) Distribución del color secundario de la pulpa



a) Distribución del color secundario de la piel del tuberculo



a) Forma general de tuberculo

Anexo 9. Caracterización de tuberculo de papa nativa



a) Caracterización de diferentes accesiones de papa nativa



a) Forma general de tuberculo de 24 accesiones