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

TESIS DE GRADO

ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DE TUBÉRCULOS DE ISAÑO *(Tropaeolum tuberosum* Ruíz y Pavón*)* POR MÉTODO DE ESCALAMIENTO MULTIDIMENSIONAL EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL KALLUTACA

Por:

Eloy Edwin Molle Pacoricona

EL ALTO – BOLIVIA

Octubre, 2024

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

ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DE TUBÉRCULOS DE ISAÑO *(Tropaeolum tuberosum* Ruíz y Pavón*)* POR MÉTODO DE ESCALAMIENTO MULTIDIMENSIONAL EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL KALLUTACA

Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniero agrónomo

Eloy Edwin Molle Pacoricona

Asesores:

Lic. Ing. Félix Marza Mamani .....

Lic. Ing. Soledad Chavez Vino .....

Tribunal Revisor:

Ph. D. M. Sc. Lic. Jaime Vargas Condori .....

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

Lic. Ing. Pastor Condori Mamani .....

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador .....

DEDICATORIA:

Trabajo dedicado con mucho cariño a mis padres y familiares por su constante apoyo y comprensión.

A mis amigos de estudio por su apoyo cuando pensaba que no podía continuar.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por sobre todas las cosas, por su infinito amor para con nosotros, con mi persona, mi familia y todos los seres amados a mi alrededor, por darme la oportunidad de vivir a diario guiada siempre bajo su protección en cada paso que doy, por brindarme la oportunidad de terminar la carrera conforme y presentar este trabajo de investigación, logrando así satisfactoriamente una meta más en la vida.

Un sincero agradecimiento a mis padres y seres queridos por todo el amor, apoyo y confianza que me dio en toda la etapa de estudio.

Agradecer a la casa superior de estudios Universidad Pública de El Alto por brindarme la oportunidad de obtener mi formación académica y brindarme la oportunidad de adquirir los conocimientos para enfrentar nuevos retos en esta nueva etapa de mi vida

Un reconocimiento especial y una gratitud eterna a mis asesores por la paciencia y apoyo que tuvieron con mi tesis grado

Una gratitud a los docentes de la carrera de Agronomía, por acogerme en sus aulas para darme la sabiduría durante mi formación profesional.

A todos mis compañeros por la ayuda incondicional durante el proceso de formación profesional.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS v
ÍNDICE DE TABLAS ix
ÍNDICE DE FIGURAS xii
ÍNDICE DE ANEXOS xiv
ABREVIATURAS xv
RESUMEN xvi
ABSTRACT xvii

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Antecedentes 1
1.2. Planteamiento del problema 2
1.3. Justificación 3
1.4. Objetivos 4
1.5. Objetivo general 4
1.5.1. Objetivos específicos 4
1.6. Hipótesis 4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 4
2.1. Generalidades 4
2.2. Origen y distribución de cultivo de isaño 4
2.3. Descripción Botánica 5
2.3.1. Taxonomía 5
2.4. Morfología de la planta 6
2.5. Características agronómicas para el cultivo de isaño 7

2.5.1. Ciclo y desarrollo 7
2.5.2. Suelo y fertilización 7
2.5.3. Época de siembra y densidad 8
2.5.4. Semilla 8
2.5.5. Rendimiento del cultivo de isaño 9
2.6. Requerimientos agroecológicos 9
2.7. Labores culturales 10
2.7.1. Preparado del terreno 10
2.7.2. Siembra 10
2.7.3. Control de maleza 10
2.7.4. Aporque 10
2.7.5. Enfermedades y plagas 11
2.7.6. Cosecha 11
2.7.7. Post cosecha 11
2.8. Valor nutricional 12
2.9. Usos del tubérculo de isaño 13
2.9.1. Usos para el consumo humano 13
2.9.2. Usos medicinales 14
2.9.3. Antiafrodisiaco 14
2.9.4. Ornamental 15
2.10. conservación *in-situ* 15
2.11. Conservación *ex -situ* 15
2.12. Caracterización, agronómica-morfológica 16
2.13. Accesiones 16
2.14. Descriptores 16

2.15. Erosión genética 17
2.16. Factores físicos 17
2.17. Escalamiento multidimensional 18
3. MATERIALES Y MÉTODOS 18
3.1. Localización 18
3.1.1. Ubicación Geográfica 18
3.1.2. Vegetación 19
3.1.3. Clima 19
3.1.4. Suelo 20
3.1.5. Recursos hídricos 21
3.2. Materiales 21
3.2.1. Material genético 21
3.2.2. Material de campo 22
3.2.3. Material de gabinete 22
3.3. Métodos 22
3.3.1. Preparación de terreno 22
3.3.2. Área dimensional y delimitación. 23
3.3.3. Distribución de marbetes a plantas 24
3.3.4. Riego 24
3.3.5. Deshierbe 25
3.3.6. Aporque 25
3.3.7. Fertilización y monitoreo de factores físicos 25
3.3.8. Cosecha 26
3.4. Diseño experimental 26
3.5. Variables de Respuesta agro-morfológicas 27

3.5.1. Peso de semilla (PS) 27
3.5.2. Días a la emergencia (DE) 27
3.5.3. Porcentaje de emergencia (PE) 27
3.5.4. Altura de planta (AP) 27
3.5.5. Numero de ramas (NR) 27
3.5.6. Cobertura foliar (CF) 28
3.5.7. Rendimiento por hectárea (Rha) 28
3.5.8. Número de tubérculos por planta (NT) 28
3.5.9. Diámetro de tubérculos de isaño (DT) 28
3.5.10. Longitud de tubérculos de isaño (LT) 28
3.5.11. Numero de yemas (ojos) de tubérculos de isaño (NY) 28
3.5.12. Tipo de planta (TP) 29
3.5.13. Color de follaje (CF) 29
3.5.14. Color envés de la hoja (CE) 29
3.5.15. Color de tallos (CT) 30
3.5.16. Número predominante de lóbulos por lámina (NL) 30
3.5.17. Color de predominante de la piel del tubérculo (CPT) 30
3.5.18. Color secundario de la Piel del tubérculo (CST) 30
3.5.19. Distribución del color secundario de la piel del tubérculo (DCT) 31
3.5.20. Color predominante de la pulpa del tubérculo (CPP) 31
3.5.21. Color secundario de la pulpa del tubérculo (CSP). 31
3.5.22. Distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo (DCP) 32
3.5.23. Forma general del tubérculo (FT). 32
3.5.24. Profundidad de ojos de los tubérculos (PY) 32
3.5.25. Tolerancia a heladas (TH) 32

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 34
4.1. Datos climáticos 34
4.1.1. Temperaturas 34
4.1.2. Precipitación 35
4.2. Análisis estadístico de variables cuantitativas 36
4.3. Análisis estadístico de variables cualitativas 41
4.4. Análisis de correlación. 46
4.5. Prueba de independencia 48
4.6. Análisis multidimensional 54
5. CONCLUSIONES 63
6. RECOMENDACIONES 64
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 65
8. ANEXOS 71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de los tubérculos andinos (g/100 g) 12

Tabla 2. Resumen de evaluación de variables cuantitativas 28

Tabla 3. Resumen de evaluación de variables cuantitativas 33

Tabla 4. Estadística descriptiva de Peso de Semilla (PS), Días de Emergencia (DE) y porcentaje de emergencia (PE) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 36

Tabla 5. Estadística descriptiva de Altura de planta (AP), Numero de ramas (NR), Cobertura foliar (CF) y Rendimiento por hectárea (Rha) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca. 37

Tabla 6. Estadística descriptiva de Numero de tubérculos (NT), Longitud de tubérculos (LT), Diámetro de tubérculo (DT), peso de tubérculo (PT) y Numero de yemas (NY)

evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 39

Tabla 7. Frecuencias relativas y absolutas de variables cualitativas de Tipo de planta (TP), Color de hoja (CH), Color de envés de la hoja (CE), Color de tallo (CT) y Numero de lóbulos de hoja (NL) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca. 41

Tabla 8. Frecuencias relativas y absolutas de variables cualitativas de Color predominante de tubérculos (CPT), Color secundario de tubérculo (CST) y Distribución de color secundario del tubérculo (DCT) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca. 42

Tabla 9. Frecuencias relativas y absolutas de variables cualitativas de Color predominante de pulpa (CPP), Color secundario de pulpa (CSP) y Distribución de color secundario de pulpa (DCP) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca. 44

Tabla 10. Frecuencias relativas y absolutas de variables cualitativas de Forma de tubérculo, (FT), Profundidad de ojos (PY) y Tolerancia a helada (TH) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca. 45

Tabla 11. Análisis de los resultados de correlación de Pearson para variables cuantitativas Peso de semilla (PS), Días de emergencia (DE), Porcentaje de emergencia (PE), Altura de planta (AP), Numero de ramas (NR), Cobertura foliar (CF), Rendimiento por hectárea (Rha), Numero de tubérculos (NT), Longitud de tubérculos (LT), Diámetro de tubérculo (DT), peso de tubérculo (PT) y Numero de yemas (NY) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 46

Tabla 12. Tabla de contingencia de Tipo de planta (TP), Color primario de tubérculo (CPP), Forma de tubérculo (FT) y Tolerancia a helada (TH) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca. 48

Tabla 13. Tabla de contingencia de Color de hoja (CH), Color de tallo (CT), Color primario de tubérculo (CPT) y Color secundario de tubérculo (CST) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca. 49

Tabla 14. Tabla de contingencia de Color de tallo (CT), Tolerancia a helada (TH), Profundidad de yemas (PY) y Numero de lóbulos (NL) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 51

Tabla 15. Tabla de contingencia de Forma de tubérculo (FT), Profundidad de yemas (PY) y Tolerancia a helada (TH) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del desarrollo de la investigación. 19

Figura 2. Accesiones registradas en banco de germoplasma. 21

Figura 3. Climadiagrama de centro experimental Kallutaca..... 34

Figura 4. Proyección bidimensional de variable cualitativas de Tipo de planta (TP), Color primario de tubérculo (CPT), Forma de tubérculo (FT) y Tolerancia a helada evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca..... 54

Figura 5. Proyección bidimensional de variable cualitativas de Color de tallo (CT), color de hoja (CH), Color primario de tubérculo (CPT) y Color secundario de tubérculo (CST) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 55

Figura 6. Proyección bidimensional de variable cualitativas de Color de tallo (CT), Color de hoja (CH), Color primario de pulpa de tubérculo (CPP) y Color secundario de pulpa de tubérculo (CSP) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 56

Figura 7. Proyección bidimensional de variable cualitativas de Color de tallo (CT), Numero de lóbulos (NL), Profundidad de yemas (PY) y Tolerancia a heladas (TH), evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca..... 57

Figura 8. Proyección bidimensional de variable cualitativas de Forma de tubérculo (FT), Profundidad de yemas (PY) y Tolerancia a heladas (TH) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 58

Figura 9. Proyección bidimensional de variable Altura de planta (AP) Forma del tubérculo (FT) Tolerancia a helada (TH), evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca..... 59

Figura 10. Proyección bidimensional de variables Días de emergencia (DE), Rendimiento por hectárea (Rha) y Tipo de planta (TP), evaluadas en las 14

accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 60

Figura 11. Proyección bidimensional de variable Altura de planta (AP), Días de emergencia (DE), Peso de semilla (PS) y Rendimiento por hectárea (FT) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 61

Figura 12. Proyección bidimensional de variable Cobertura foliar (AP), Numero de ramas (NR), Peso del tubérculo (PT) y Rendimiento por hectárea (Rha) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca 62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis de las parcelas de investigación 71
Anexo 2. Preparación de terreno 71
Anexo 3. Material vegetal..... 72
Anexo 4. Siembra 72
Anexo 5. Distribución de marbetes..... 73
Anexo 6. Emergencia de la planta de isaño 73
Anexo 7. Parcelas de cultivo de isaño..... 74
Anexo 8. Incidencia de helada 74
Anexo 9. Cosecha de tuberculos 75
Anexo 10. Toma de datos 76
Anexo 11. Datos del libro de campo..... 77

ABREVIATURAS

CIP	Centro Internacional de la Papa
cm	Centímetro
CPU	Central Processing United
DBA	Diseño Bloques Al Azar
t	tonelada
kg	Kilogramo
g	Gramo
un	Unidades
ha	Hectárea
°C	Grado Centígrado
km	Kilómetro
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
m	Metro
CV	Coeficiente de Variación
INIAF	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
UPEA	Universidad Pública del Alto
dS/m	deciSiemens por metro

RESUMEN

Isaño (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón), es originario de los Andes centrales su cultivo se concentra a partir de los 1500 hasta 4360 msnm, su diversidad genética se concentra en Bolivia y Perú. En Sudamérica en la parte andina en especial en Bolivia la producción, utilización de raíces y el consumo de los tubérculos, ha disminuido considerablemente en los últimos años, por lo cual la diversidad de tubérculos presenta una erosión genética por la falta de conocimiento, cambio climático y mercado.

El isaño es un tubérculo que se produce en altiplano, brinda buenos rendimientos, crece en circunstancias adversas de riego y nutrientes y es de alto valor nutritivo, presenta una alta gama de accesiones con diferentes propiedades alimenticias y medicinales. Generalmente, el tubérculo es usado para consumo humano, para tratamiento preventivo de próstata, como antiafrodisiaco y uso ornamental.

La investigación se realizó con el objetivo de caracterizar las 14 accesiones e identificar la influencia de los factores físicos, con el fin de generar información para transmitir a los agricultores para que puedan mejorar su producción y exhortar a una buena conservación de estos recursos fitogenéticos. Las accesiones en estudio tuvieron diferentes comportamientos en las variables agro-morfológicas estudiadas, para un mejor entendimiento de los resultados se realizó una proyección bidimensional y un análisis de correlación.

Al concluir la investigación se es evidente la buena resistencia que tienen estos tubérculos a los factores físicos, los rendimientos varían gradualmente como consecuencias de la sequía, helada y granizo, con el presente trabajo se identificó las accesiones promisorias para futuras investigaciones. Para una buena producción es de vital importancia saber sus requerimientos agroecológicos y realizar las labores culturales como corresponde.

ABSTRACT

Isaño (Tropaeolum tuberosum Ruíz & Pavón), is native to the central Andes, its cultivation is concentrated from 1500 to 4360 meters above sea level, its genetic diversity is concentrated in Bolivia and Peru. In South America in the Andean part, especially in Bolivia, the production, use of roots and consumption of tubers has decreased considerably in recent years, so the diversity of tubers presents genetic erosion due to lack of knowledge and climate change. and market.

Isaño is a tuber that is produced in the mountains, provides good yields, grows in adverse irrigation and nutrient circumstances and is of high nutritional value, presenting a wide range of accessions with different nutritional and medicinal properties. Generally, the tuber is used for human consumption, for preventive treatment of the prostate, as an antiaphrodisiac and for ornamental use.

The research was carried out with the objective of characterizing the 14 accessions and identifying the influence of physical factors, in order to generate information to transmit to farmers so that they can improve their production and promote good conservation of these plant genetic resources. The accessions under study had different behaviors in the agromorphological variables studied; For a better understanding of the results, a two-dimensional projection and an evaluation analysis were carried out.

At the conclusion of the research, it was possible to demonstrate the good resistance that these tubers have to physical factors, the yields gradually vary as consequences of drought, frost and hail, with the present work it was possible to identify promising accessions for future research. For good production, it is vitally important to know your agroecological requirements and carry out cultural tasks accordingly.

1. INTRODUCCIÓN

El isaño es uno de los tubérculos andinos de más alto rendimiento y es uno de los más fáciles de cultivar, prospera en suelos marginales, se desarrolla rápidamente y compite exitosamente con la mala hierba. Sus tubérculos en forma de cono, generalmente son de color blanco, amarillo, rojo o morado, los agricultores la usan como una manera natural de repeler insectos y patógenos. Es un diurético tradicional y un remedio para dolencias renales. Recientemente se ha mostrado que puede prevenir el desarrollo de células cancerosas en el estómago, colon, piel y próstata. A pesar de su alto valor nutritivo, el tubérculo no se comercializa extensamente (CIP, 2017)

Bolivia es un país con mucha diversidad y centro de origen de las especies de tubérculos que más se consume en el mundo, entre ellos alberga el tubérculo de isaño que se extiende en la región andina de América de sur, se cultiva principalmente en la parte norte del altiplano boliviano a las orillas del lago Titicaca.

El isaño *(Tropaeolum tuberosum)* también conocida como mashua, añu o cubio en los diferentes países de América latina es cultivada en las zonas altoandinas de Sudamérica, es una planta rústica poco demandante de fertilizantes y resistente a nematodos y varias plagas (Dilas y Ascurra, 2020).

El cultivo contiene adecuadas cantidades de proteínas, carbohidratos, fibra y calorías, también se utiliza como ingrediente para algunos antibióticos a fin de prevenir y curar afecciones (Quiñones y Mendoza, 2022).

El consumo de isaño cumple el papel de prevención de la inflamación de la próstata de las personas vulnerables y adultos. Por ello, la población en general debería incluirlo en su plan de alimentación a fin de evitar la enfermedad de la próstata debido a su alto contenido nutracéutico (Flores *et al.*, 2020).

1.1. Antecedentes

El isaño es un productos que no es consumido ni comercializado a gran escala, debido a su sabor amargo, pero es consumida por sus propiedades medicinales, los comunarios la

utilizan para el tratamiento de algunas alteraciones en la próstata y los riñones, particularmente en las personas de avanzada edad (Mamani, 2018).

Los estudios realizados acerca del tubérculo son muy escasos, pero existe diferentes avances de caracterización realizados por diferentes universidades, investigaciones principalmente con enfoques a la curación de próstatas y consumo.

Debido a la erosión genética, la carrera de agronomía de la Universidad Pública de el Alto, implemento el banco de germoplasma en donde se conserva el isaño y otros cultivos andinos recolectados de diferentes lugares, cuenta con una gran variedad de especies de tubérculos estos mismos son usados por los estudiantes para deferentes actividades de investigación.

El Centro Internacional de la Papa (CIP) conservan varias accesiones de isaño, colectadas en diferentes comunidades campesinas de Perú, Bolivia y Argentina. con información pasaporte, datos de caracterización morfológica y fotografías de los tubérculos, planta, herbario y flor (Manrique *et al.*, 2014).

1.2. Planteamiento del problema

Comunidades originarias en Bolivia preocupados por su economía prescindieron del cultivo de isaño, las autoridades e instrumentos políticos no atribuyen importancia de promocionar, generar proyectos para evitar la erosión genética, asimismo existe diferentes investigaciones, propagandas, proyectos para los cultivos de papa, oca y papalisa que representan una fuente de alimentación y fuente de ingresos económicos.

La producción, consumo y utilización de los tubérculos andinos en Sudamérica, en Bolivia y países circundantes van en decadencia, según INE (2022), en los últimos años se cultivaron 118 ha de isaño, a diferencia de la oca con un superficie cultivada de 8.058 ha y papa con una superficie cultivada de 196.068 ha, las consecuencias inmediatas de la baja producción en las últimas décadas, constituye a una erosión genética bastante severa, poniendo en peligro de perderse la diversidad genética de estos cultivos, la falta de interés, conocimiento, cambio climático y mercado, son la principales causas para dar menos importancia al cultivo de isaño, por lo cual la caracterización, conservación y uso correcto de estos recursos fitogenéticos es de gran importancia.

El isaño es un tubérculo resistente a condiciones adversos y fácil de cultivar, pero eso no garantiza que no se pierda esta especie si bien existen trabajos sobre raíces y tubérculos andinos en algunas instituciones públicas, los datos que se generan sobre el isaño siempre son de menor importancia.

Los agricultores que viven en las comunidades generalmente son de la tercera edad y siembran el isaño como cultivo de acompañamiento a otros tubérculos, emplean aproximadamente 80% de lo cosechado para su consumo, entretanto el restante lo venden o intercambian sus productos en la feria (Mamani *et al.*, 2018).

1.3. Justificación

El segundo plan de acción mundial para los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura sostiene, que para facilitar el uso las variedades de los agricultores, variedades nativas y las especies infrautilizadas se debe incrementar la caracterización y evaluación de tubérculos (FAO, 2012).

El presente trabajo de investigación realiza un análisis de las características agronómicas, con el fin de generar información de las 14 accesiones de isaño, que fueron recolectados por el banco de germoplasma de centro experimental Kallutaca. A la fecha no existe trabajos realizados por el método de escalamiento multidimensional en producción de isaño

Ante la evidente perdida de diversidad genética se ve la necesidad buscar, coleccionar y generar la información de este tubérculo, que brinde datos de accesiones promisorias, rendimientos sobresalientes, tolerancia a factores físicos entre otras cualidades importantes, una información que sea útil y de fácil acceso para las personas y agricultores que muestren interés por el cultivo, gracias a esta investigación, existe una gran probabilidad de que los agricultores puedan seleccionar nuevas accesiones para sus comunidades a partir de estos tubérculos como semilla.

La conservación de la diversidad genética en tubérculos y la determinación de su potencial productivo, es de suma importancia para hacer frente a los cambios climáticos y realizar diversas investigaciones para mejor la calidad de estos cultivos (Mamani, 2018).

1.4. Objetivos

1.5. Objetivo general

Analizar características agronómicas de tubérculos de isaño por método de escalamiento multidimensional.

1.5.1. Objetivos específicos

- Caracterizar las accesiones de isaño en base a criterios cualitativos y cuantitativos del tubérculo.
- Identificar la influencia de los factores climáticos durante su desarrollo y rendimiento.
- Identificar accesiones promisorias para futuros trabajos de investigación.

1.6. Hipótesis

H. El comportamiento de las accesiones de isaño no presentan una similitud en sus características cualitativas y cuantitativas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades

Una de las características más destacadas de este cultivo es la resistencia a nematodos, insectos y varias plagas, también es utilizada como cerco natural para la protección de otras plantaciones y su ciclo de vida es de 6 a 9 meses que permiten una óptima producción, este producto posee un alto contenido de fibra, proteínas, carbohidratos y ácido ascórbico y gracias a estos factores este es uno de los vegetales más representativos de la cultura tradicional andina (CIP, 2017).

2.2. Origen y distribución de cultivo de isaño

Isaño es un tubérculo cuyo origen se sitúa en los Andes centrales, geográficamente se distribuye desde Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia entre los 1500-4200 msnm se desarrolla de mejor manera entre los 3700 y 4000 metros sobre el nivel del mar (Aruquipa *et al.*, 2016; Arteaga *et al.*, 2022).

Bolivia no cuenta con datos estadísticos acerca de la distribución de este cultivo, pero las informaciones recolectadas señalan que este cultivo se realiza en su gran mayoría alrededor del lago Titicaca, norte de Oruro y en la zona Candelaria de Cochabamba, la siembra se realiza en una superficie de 118 ha. con una producción de 134 t (INE, 2015; Guzmán *et al.*, 2021).

Las mayores áreas de siembra se encuentran en Perú y Bolivia, pero su hábitat de distribución natural se extiende desde Colombia hasta el norte de Argentina y desde hace algunas décadas se cultiva también en algunas regiones de Nueva Zelanda y Canadá., donde generalmente se cultiva en asociación con otros tubérculos (Vilchez, 2018).

2.3. Descripción Botánica

El isaño es una planta herbácea semirastrera de ciclo productivo anual, sus tallos aéreos y floración corresponden a épocas lluviosas y en el resto del año desaparece todo vestigio aéreo, sus tallos subterráneos son tubérculos de diferentes colores, tienen un sabor picante, que al estar expuestos al sol adquieren un sabor dulce y agradable al paladar, la planta está formada de raíces, tallo, hojas, flores, frutos y tubérculos de forma cónica y de diferentes colores (Aruquipa *et al.*, 2016; Dilas y Ascurra, 2020).

Es una planta domesticada por los agricultores de hojas finas generalmente de color verde oscuro. Es una especie tetraploide, con número de cromosomas x = 13 (2n = 4x = 52) contienen en su estructura una mayor concentración de N, Mg, P, K y S y los micronutrientes esenciales Fe, Zn y Mn (Choquechambi *et al.*, 2019; Apaza *et al.*, 2020).

2.3.1. Taxonomía

El isaño pertenece a la especie de *Tropaeolum tuberosum* fue descrita por Hipólito Ruiz López y José Antonio Pavón y Jiménez, y publicada en Flora Peruviana, et Chilensis pertenece al género de Tropaeulum, a la familia Tropaeolaceae endémica de América del sur es agrupado en la clase de Magnoliopsida (plantas dicotiledóneas (Catalogue, 2015).

Isaño es conocido con diferentes nombres de los diferentes países donde se produce como: mashua (Perú, Ecuador), isaño, añu (Perú, Bolivia), maswallo, mazuko, mascho (Perú), cubio (Colombia) (Mamani, 2018).

2.4. Morfología de la planta

Isaño es una planta herbácea perenne, semi rastrera o trepadora que alcanza los 2 metros de altura; produce tubérculos comestibles, perfumados y de sabor algo fuerte que miden entre 5 y 15 cm de largo, por esa razón se adapta a las diversas altitudes, suelos poco fértiles y poco profundos, es resistente a diversos insectos, hongos y nematodos (Beltran y Mera, 2014).

Tallos y hojas glabras tri, tetra y pentalobuladas. Los tubérculos con colores desde amarillo claro, púrpura, gris y negro. Las yemas axilares en los tubérculos son siempre profundos sin brácteas. Presenta flores solitarias zigomorfas y pentámeras, en la mayoría de los casos, que se autopolinizan para formar semillas sexuales viable (García *et al.*, 2018).

- **Hojas:** Las hojas del isaño tienen forma ovalada, la cara superior presenta color verde, verde amarillento, y verde oscuro y la cara inferior verde claro, además las hojas son alternas de 3-5 lóbulos con nervaduras pronunciadas y mediante sus peciolos puede agruparse alrededor de un soporte o tutor (Apaza, 2018; Mendoza, 2022).
- **Tallo:** Sus tallos son cilíndricos de tipo disperso y semirrecto, tienen de 3-4 mm de espesor con ramificación, su altura varia hasta los 2 metros, presentan diferentes colores, rojo grisáceo, purpura grisáceo y tallos verdes con diversos grados de pigmentación (Apaza, 2018; Mamani, 2018).
- **Flor:** Las flores son solitarias, abundantes y zigomorfas que nacen en las axilas de las hojas, tienen cinco sépalos de color rojo intenso que se unen en la base; los tres mayores formando un espolón de 1-1,5 cm de longitud, son bisexuales, solitarias de diferentes colores que van de anaranjadas o rojizas y es polinizada por abejas y pájaros, así mismo el número de estambres es variable puede ser de 8-13, el tiempo de duración de la flor abierta varía entre 9 a 15 días (Valle, 2017; Apaza, 2018).
- **Raíz:** El sistema radical es fibroso, ramificado y extendido más bien superficialmente, pudiendo penetrar hasta 0,8 m. de profundidad. Las plantas originadas a partir de tubérculos, por provenir de yemas y no de semillas, carecen de radícula, sus raíces, que son de carácter adventicio, se originan a partir de yemas subterráneas. por esta razón, el tubérculo debe ser plantado a una profundidad tal que permita una adecuada formación de raíces y de rizomas. A partir de los primeros estados de desarrollo, y hasta

el momento en que comienza la formación de tubérculos, las raíces presentan un rápido crecimiento (Olimpia, 2019).

- **Tubérculos:** Son tallos modificados tuberosas de 5 a 15 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho. Los tubérculos son parecidos a la oca, pero se les diferencia porque tiene forma cónica y cónica alargada con un ápice o punta muy agudo, yemas profundas, son de color variado: gris, blanco, amarillo, rojizo, morado y negro, generalmente con jaspes oscuros, rayas o pintas cortas, moradas o púrpuras, y mayor concentración de yemas en la parte distal (Mamani, 2018).

2.5. Características agronómicas para el cultivo de isaño

2.5.1. Ciclo y desarrollo

La duración total del ciclo vegetativo puede variar de 270 días a 280 días como máximo desde la siembra a la emergencia varia de 20 a 30 días que está en relación con la humedad del suelo, precipitación y la madurez del tubérculo. de la emergencia a la floración, en un lapso de 100 a 148 días el periodo de tuberización puede durar de 150 a 280 días (Yepez y Tumpay, 2023).

La agricultura, especialmente en el Altiplano, la agricultura se concentra durante el verano y depende del inicio, duración y finalización de las lluvias que determina la disponibilidad de agua, también determina el grado de riesgo de heladas radiactivas. El tardío inicio de la lluvia, provocará retrasos en el ciclo del cultivo con fuertes incidencias al final del ciclo (García *et al.*, 2019)

2.5.2. Suelo y fertilización

En la actualidad los agricultores no hacen fertilizaciones sintéticas, realizan fertilización con abono de ovino y vacuno, realizan fertilización porque los agricultores crían sus vacunos y ovinos (Paredes, 2019)

El cultivo de isaño prefiere suelos profundos y buen contenido de materia orgánica, pero es rústico crece en circunstancias adversas de riego, enfermedades y suelos carentes de nutrientes, y su rendimiento duplica al de la papa sin aplicar fertilizantes ni pesticidas y es un cultivo que sirve como barrera sanitaria para la papa. Precisamente por eso y presentar

resistencia a las heladas, se realiza el cultivo asociado con papa y oca; son controladores efectivos en la incidencia del gorgojo de los Andes, es frecuente observar isaño en parcelas o surcos intercalados con otros cultivos o en surcos alrededor de la parcela, reduciendo sustancialmente el ataque de insectos y enfermedades (Bosque *et al.*, 2017; Dilas y Ascurra, 2020).

Para generar rendimientos superiores a los 15 t/ha, se cultiva en suelos sueltos, con buena aireación, actividad microbiana dinámica, fértiles, profundos, con pH entre 5 a 7, de textura franca y con muy buena cantidad de materia orgánica y suplementada con una fertilización adicional de 20-40-20, Al momento de siembra si puede implementar aproximadamente 100 g, de fertilizante, de los cuales 17 g son de nitrato de amonio, 50 g de fosfato diamónico y 33 g. de cloruro de potasio (Tapia y Fries, 2007; Yepez y Tumpay, 2023).

2.5.3. Época de siembra y densidad

La siembra de Isaño se realiza en los meses de agosto a octubre con lluvias establecidas, se utiliza entre 900 a 1300 kg de semilla por hectárea, la siembra de isaño se puede realizar como monocultivo o asociado con otros cultivos andinos tales como papas, ocas, mellocos, habas, papalisas. etc. Los tubérculos requieren de labores de aporque, como una estrategia orientada a proteger los suelos de los efectos erosivos provocados por el agua, y la cosecha se realiza en los meses de abril y mayo, la producción depende de la campaña agrícola, si la campaña es con bastante lluvia los tubérculos en general producen bastante (Suquilanda, 2012; Flores *et al.*, 2020).

Distanciamiento entre surco generalmente es de 0.80 m entre surcos y 0.20 m entre plantas, para generar buenos rendimientos y alta rentabilidad económica (Olimpia, 2019).

2.5.4. Semilla

Los tubérculos a ser usados como semilla deben tener un tamaño promedio entre 60 g y 100 g, (8 a 10 cm de largo), con bastantes yemas, libre de plagas, enfermedades y daños físicos. Las semillas deben ser almacenadas en lugar seco y a la sombra durante dos a tres meses hasta seis meses en lugares fríos y ventilados para evitar que los tubérculos se pudran (Suquilanda, 2012; Yepez y Tumpay, 2023).

2.5.5. Rendimiento del cultivo de isaño

Según CIP (2017), Cultivo de isaño es uno de los tubérculos andinos de mayor rendimiento que puede alcanzar las 70 t/ha en condiciones experimentales. En las regiones andinas de Bolivia por su rusticidad del cultivo y su alto grado de adaptabilidad a fatores ambientales adverso, su crecimiento agresivo tiene un rendimiento de 4 a 7 t/ha y los países limítrofes según la oficina de Estudios Económicos y Estadísticos se estima que el Perú tiene un rendimiento promedio de 7.2 t/ha (Bosque *et al.*, 2017; MIDAGRI, 2022).

En Bolivia en el centro de conservación en la Estación Experimental Toralapa sobre una altitud de 3450 msnm, una temperatura media anual de 11°C y una precipitación media anual de 500 mm, los rendimientos en tubérculos indican de 33.25 y 30.35 t/ha (Quispe *et al.*, 2016)

2.6. Requerimientos agroecológicos

- **Luz solar. -** Generalmente los tubérculos andinos requieren de periodos diurnos menores de 12 horas para iniciar la formación del tubérculo, para el desarrollo del follaje en la mayoría se requieren los días con luz solar más largo y en su proceso de tuberización donde se da la formación y engrosamiento de los tubérculos, se necesita un fotoperiodo corto (Apaza, 2018).
- **Precipitación. -** El cultivo crece en lugares donde las lluvias varían de 570 a 1200 mm, distribuidas uniformemente a través todas las etapas de crecimiento, es un cultivo que se adapta a precipitaciones por debajo de sus requerimientos como es el caso del altiplano boliviano que en ocasiones llega a 200 mm por año. El exceso de precipitación facilita al desarrollo de enfermedades, como podredumbre de raíz y tubérculos (Apaza, 2018; Yepez y Tumpay, 2023).
- **Altitud. -** La altura optima donde mayor es la práctica del cultivo se ubica en los Andes de Perú y Bolivia, su adaptación a áreas de menor altitud es escaso, sin embargo, un indicador de adaptación climática es la altura máxima a la cual se puede cultivar y obtener rendimientos aceptables. Este límite está directamente relacionado a la presencia e intensidad de las heladas y precipitaciones. Su cultivo se concentra a partir de los 1500 hasta los 4360 msnm. Sin embargo, su alta productividad y crece mejor entre los 2400 y 4300 m.s.n.m. (Yepez y Tumpay, 2023).

- **Temperatura. -** Isaño se cultiva en temperaturas que varían de 12 - 14 ºC, este cultivo tolera heladas, y el rango de temperatura puede variar de 4 ºC hasta probablemente 20 ºC. (Suquilanda, 2012).

2.7. Labores culturales

2.7.1. Preparado del terreno

La preparación del terreno consiste en un roturado profundo, rastrado en forma cruzada y nivelado esto para evitar la acumulación del agua, lavado de nutrientes y tener una emergencia uniforme y vigorosa de las plántulas en el campo, y se complementa con el surcado consiste en formar los surcos donde se realizará la siembra de los tubérculos (Arcos *et al.*, 2020).

2.7.2. Siembra

Los tubérculos son colocados en el fondo del surco con los brotes dirigidos hacia arriba. Inmediatamente después puede aplicarse estiércol descompuesto o compost, aplicando un puñado por cada planta (aproximadamente 150 g), lo que puede significar un consumo de 3.5 t/ha de abono, posteriormente cubrir los tubérculos con una capa de tierra (Yepez y Tumpay, 2023).

2.7.3. Control de maleza

Es muy importante mantener el campo libre de plantas arvenses desde la instalación del cultivo hasta por lo menos el primer aporque, la incidencia de malezas se debe controlar oportuna y eficientemente esto con la finalidad de que las plantas no tengan competencia por nutrientes, luz y agua, el control de malezas permite disminuir el daño por plagas, enfermedades y nematodos, las malezas se eliminan manualmente empleando azadones, picos y herramientas conocidas como lijuanas; especialmente en condiciones de agricultura familiar (Arcos *et al.*, 2020; Yepez y Tumpay, 2023).

2.7.4. Aporque

El primer aporque se realiza cuando la planta llega a tener 20 cm a 25 cm de altura, el aporque consiste en roturar la superficie del suelo endurecido y amontonar tierra en la base

de las plantas, para proteger los tubérculos y mejorar la aireación de la capa arable (Yepez y Tumpay, 2023).

El segundo aporque consiste en acumular entre 6 y 8 cm de tierra en la base de los tallos en forma de camellones, con la subsecuente formación de surcos que servirán para labores de riego o para facilitar la evacuación del exceso de agua de lluvias. En las zonas altoandinas, esta labor es aprovechada para realizar el control de malezas que permita favorecer el mejor crecimiento de las plantas (Arcos *et al.*, 2020).

2.7.5. Enfermedades y plagas

Es poco atacada por enfermedades o plagas; se recomienda efectuar aporques altos para el control de malas hierbas, así como la rotación de los campos para reducir el ataque de plagas Durante todo el periodo vegetativo del cultivo, con monitoreo constante, mediante inspección visual; se encontró presencia de *Agrotis sp*. (gusano negro trozador) ,*Copitarsia turbata* (gusano trozador) , *Arion distinctus* (babosa de tierra) y *Cyclocephala sp*. (chiza o gallina ciega) entre las enfermedades se evidencia Pudrición radicular (*Rhizoctonia solani*) Mildiu (*Peronospora* sp) (Ordoñez, 2020; Sáenz *et al.*, 2020).

2.7.6. Cosecha

La cosecha se realiza cuando las hojas se tornan amarillas y la planta comienza a secarse evidencia del fin de su ciclo de desarrollo, en esa etapa los tubérculos llegan a su máximo tamaño y su color característico es más intenso. Esto suele ocurrir a los 260 días después de la siembra, la cosecha debe ser realizada en un día soleado sin lluvia de manera manual y generalmente entre los meses de febrero a mayo, cuando los frutos o semillas se encuentran maduros (Mamani *et al.*, 2018; Yepez y Tumpay, 2023).

2.7.7. Post cosecha

El Isaño es un cultivo secundario que ha tenido poca investigación en cuanto a las prácticas postcosecha. A la fecha, se realizan prácticas tradicionales estándar que incluyen la limpieza del tubérculo para eliminar el suelo la clasificación del tubérculo según el tamaño y el color, y la eliminación del material lesionado o maltratado. Al igual que otros tubérculos,

los tubérculos a falta de un ambiente son almacenados en phinas que son promontorios construidas en base a la paja brava y k`ua (Sáenz *et al.*, 2020).

2.8. Valor nutricional

El isaño contiene alrededor del 15% de proteínas, la cual es variable dependiendo mucho de la variedad, tiene un contenido alto de almidón, un balance adecuado de aminoácidos esenciales que es rico en las vitaminas C y B. Su valor nutritivo supera el de algunos cereales y de la papa. Valioso contenido de proteínas, hidratos de carbono, fibras y calorías (Aguado, 2017; Ordoñez, 2020).

En un estudio demostró por primera vez que el contenido de vitaminas, aminoácidos y compuestos bioactivos, está influenciado por áreas ecológicas y su genotipo. Los genotipos amarillos, púrpura y amarilla-púrpura tienen cantidades significativas de proteínas, fibra, fósforo, potasio, zinc y vitamina C. Las cantidades de aminoácidos libres totales en los genotipos, se encontraron mayor concentración de ácido aspártico, ácido glutámico, serina, glicina, threina, tirosina, valina e isoleucina (Coloma *et al.*, 2022).

Tabla 1. Composición química de los tubérculos andinos (g/100 g)

Energía (kcal)	47
Proteína	1,5
Grasa	0,8
Carbohidratos	9.8
Fibra	0.9
Ceniza	0.6
Humedad (%)	87.4
Aminoácidos (mg/100 g)	
Isoleucina	27-37
Leucina	14-42
Lisina	33-40
Metionina + Cisteina	12-17
Fenilalanina + Tirosina	14-37
Treonina	23-46
Triptofano	4,7-6
Valina	25-43
Minerales	
Calcio (mg)	12.00

Fósforo (mg)	29.00
Hierro (mg)	1.00
Vitaminas	
A (µg equiv. retinol)	10.04
B 1 (mg)	0.10
B2 (mg)	0.12
Niacina (mg)	0.67
C (mg)	77.50

Fuente: promedio de (Ayala, 2007; Sáenz *et al.*, 2020).

2.9. Usos del tubérculo de isaño

Los tubérculos, conocidos localmente como Isaño y nativos de la región andina de Sudamérica, han sido conocidos desde tiempos antiguos por sus múltiples usos en la población boliviana, se utilizan tanto como alimento en diversas preparaciones como en medicina tradicional (Castañeta *et al.*, 2024).

2.9.1. Usos para el consumo humano

En las comunidades campesinas de la región altoandina el isaño es parte de su alimentación, en cada campaña agrícola siembran, cosechan y almacenan para abastecerse durante el año, generalmente es consumido sancochado, previa exposición al sol para quitarle la acidez y que se vuelva dulce (Carpio *et al.*, 2016).

En Bolivia el isaño por lo general se consume cocido, en forma de thayacha, en las comunidades mayormente se consume de dos formas; en huatia y cocido igual que la oca, al plato de isaño le acompañan con oca y papa con cascara. El isaño al momento de ser cosechado, tiene un sabor agrio muy particular por el cual no se lo puede consumir inmediatamente de acuerdo a costumbres de los agricultores que exponen al sol durante 5 a 10 días, para que sea dulce y de sabor agradable, la comunidad expresa que el isaño se utiliza para alimentar a los cerdos de forma cocida o crudo no causándoles ningún daño. En cambio, indican que sería dañino para otros animales como los burros, mulas y caballos llegando incluso a ocasionar la muerte de los mismos (Aruquipa *et al.*, 2016).

2.9.2. Usos medicinales

Para diversos grupos étnicos es una planta indígena que tiene valores medicinales, demostraron un potencial prometedor como antibacteriano, antioxidante, antiinflamatorio e inhibidores de la hiperplasia benigna de próstata, se utilizan para el tratamiento de enfermedades venéreas, pulmonar , para la cicatrización de heridas internas y externas; y como analgésico para el dolor renal y de la vejiga y se observó la necesidad de explorar su potencial para el tratamiento contra afecciones respiratorias, afectos urinarios y enfermedades sanguíneas (Apaza *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2022).

Las personas mayores de las comunidades indica que el isaño negro es muy bueno para las inflamaciones del riñón y la próstata, en la medicina actual se usa para eliminar cálculos renales, dolencias prostáticas y contra la anemia (Aruquipa *et al.*, 2016).

Según los conocimientos y saberes altoandinos, no curaría la prostatitis, sino que solo sería para prevenir la enfermedad, debido a que tiene bajo porcentaje de componentes nutracéuticos, las personas que viven en el medio rural consumen el isaño con regularidad, por lo que no serían propensas a sufrir este mal, en cambio, aquellas que no lo utilizan para prevenir, generalmente tendrían problemas de próstata (Flores *et al.*, 2020).

2.9.3. Antiafrodisiaco

En algunas oportunidades los varones rechazan su consumo pues indican que el isaño es anafrodisiaco; sin embargo, trabajos de investigación ejecutados en ratas demuestran que no afecta la fertilidad. pero si existe una disminución en los niveles de testosterona (Ordoñez, 2020).

Se atribuye propiedades antiafrodisiacas a través de disminuir la cantidad de testosterona y dihidrotestosterona en la sangre. Se dice que reduce el instinto sexual y se cuenta que las tropas de los incas llevaban como fiambre para olvidarse de sus mujeres. Hoy se sabe que los niveles de testosterona se reducen significativamente en ratas machos alimentados con este tubérculo (Tapia y Fries, 2007)

2.9.4. Ornamental

La planta tiene un uso ornamental gracias a su abundancia floración y atractivo color de flores, constituye una especie llamativa de flora andina. Por esta razón también sirve a veces como planta ornamental en algunas regiones de Sudamérica (Aruquipa *et al.*, 2016).

2.10. conservación *in-situ*

En Bolivia, la producción de isaño se la realiza en tierras altas, en parcelas en lugares elevados o laderas de las comunidades, estas superficies de producción tienen pendientes mayores. Esta distribuido en las regiones altiplánicas donde es considerado como un cultivo marginal que se siembra en pequeñas cantidades y para el auto consumo, junto a otros tubérculos como la papa, oca y papalisa (Bosque *et al.*, 2017).

Centros de agrobiodiversidad.- Según Bosque *et al.* (2017), Se han identificado cinco centros de agrobiodiversidad del cultivo del isaño, ubicados en los siguientes municipios: Charazani, (comunidades de Chullina y Niño Corín), Curva (comunidades de Pajan y Sanachi), Mocomoco, (comunidades de Poke, Huatacana y Saphia) y Sorata (Viacha y Pampa Colani).

2.11. Conservación *ex -situ*

La pérdida de los hábitos de consumo de estos cultivos, trae como consecuencia la reducción de su producción y por consiguiente la perdida de variedades las cuales poseen un sinnúmero de cualidades nutricionales y medicinales que podrían ser de beneficio para la humanidad, frente a esta situación la conservación y manejo *ex-situ* de variedades promisorias es una opción viable que se ha venido practicando desde hace muchos años (Bosque *et al.*, 2017).

- Actualmente, el Banco de Tubérculos y Raíces del INIAF tiene en conservación 4085 accesiones de ellas son: 2432 accesiones de papa; 492 de oca; isaño (73 accesiones); papalisa (206 accesiones); y accesiones de raíces tropicales (INIAF, 2021).

2.12. Caracterización, agronómica-morfológica

La caracterización consiste en la observación y descripción de un grupo de caracteres cuantitativos y cualitativos de la forma, tamaño, color, textura y otras características de las plantas (Carrillo y Yumbla, 2022).

- **Variables Cuantitativas** son aquellas que sus características son de carácter cuantitativo, numérico o susceptible de medición.
- **Las variables cualitativas**, se refieren a características, cualidades o categorías que no pueden ser medidos en términos numéricos, pero que son observados y pueden ser contabilizadas (Ochoa, 2019).

La caracterización morfológica, es la determinación de un conjunto de caracteres mediante el uso de descriptores elaborados por organismos internacionales que permiten diferenciar taxonómicamente a las plantas. Mediante la evaluación agronómica podemos conocer mejor aspectos relacionados con la adaptación de las variedades a las condiciones ambientales locales (Hernández, 2013).

2.13. Accesiones

Una accesión es una muestra de semillas, materiales de siembra o plantas de una especie que se ha recogido en un lugar determinado y en un momento concreto. Lleva un código de recolección que le identifica y le acompaña desde la recogida en campo hasta su conservación definitiva (RJA-CSIC, 2015; Baumung y Diulgheroff, 2018).

2.14. Descriptores

Descriptor es una característica mínima de una planta que puede ser medible o descrita, con el objetivo de asignarle una clasificación. El desarrollo y uso de descriptores varietales tienen como fin alcanzar la caracterización de la mayor biodiversidad de plantas, por medio de una base estándar que facilite la recolección, almacenamiento, acceso y la interpretación de información por parte de sus usuarios (Varela *et al.*, 2015).

2.15. Erosión genética

La pérdida de variedades y ciertas especies es conocida como erosión genética estas pueden ser por causas de producción escasas, introducción de especies más rentables, falta de información, al perder una variedad se pierde genes de adaptación a la zona donde creció. Según Casas y Velásquez (2016), se denomina erosión genética al proceso de pérdida de recursos genéticos que puede involucrar la pérdida de variabilidad genética que existe entre los individuos que componen una o varias poblaciones de una especie, subespecies, razas o variedades.

2.16. Factores físicos

- **Helada. -** Se considera helada meteorológica cuando la temperatura del aire a 1,50 m. del suelo desciende a un valor igual o inferior al punto de congelamiento del agua, es decir, a 0 °C, independiente de su duración o intensidad. Desde el punto de vista agrometeorológico podría definirse una helada como la temperatura a la cual los tejidos de la planta comienzan a sufrir daño. A medida que la temperatura desciende y la helada se prolonga, los daños en los vegetales aumentan. Generalmente la helada ocurre en la madrugada o cuando está saliendo el Sol. Entre las amenazas climáticas que más preocupan a los productores agrícolas se encuentran los eventos de heladas que pueden afectar a las plantas cultivadas provocando perdidas de rendimiento y calidad de los productos cosechados (Bravo *et al.*, 2020).
- **Granizada. -** El granizo es un fenómeno meteorológico que consiste en la formación de pequeñas o grandes esferas de hielo que caen de las nubes durante una tormenta. Estas piedras de hielo pueden tener diferentes tamaños y formas y suelen formarse en nubes de tormenta con fuertes corrientes ascendentes y descendentes. es un fenómeno meteorológico adverso que afecta a diversas actividades socioeconómicas que la población desarrolla en diferentes regiones del mundo. Aunque sus efectos son muy localizados espacial y temporalmente, pueden dañar las hojas y tallos de las plantas, provocando desgarros y desprendimientos y producir pérdidas importantes en la agricultura (Peña y Pabón, 2020; Pezzola *et al.*, 2023).

- **Sequia. -** Es una anormalidad momentánea que se caracteriza por la falta de lluvias, en un período de tiempo dado, la sequía afecta severamente a sociedades campesinas, dedicadas a la agricultura, en comparación con otros fenómenos extremos de índole climática, tales como las inundaciones, la sequía es difícil de definir y precisar en cuanto a su ocurrencia en el tiempo y el espacio. Pero la disminución o falta de precipitación impactan de manera decisiva en los calendarios agrícolas de temporal y representan una amenaza a la seguridad alimentaria de familias campesinas (Bocco *et al.*, 2021).

2.17. Escalamiento multidimensional

El análisis de escala multidimensional es una técnica de representación espacial que permite visualizar en un mapa un conjunto de estímulos cuyas posiciones relativas se desean analizar. se trata de una manera rápida y sencilla de dibujar un mapa que represente un conjunto de objetos geométricamente en forma de puntos la proximidad entre dos objetos en un mapa significa que ambos se perciben de forma bastante similar, pero su distancia indica que uno y otro tiene poca relación entre sí, por esta razón el análisis de escala multidimensional también se conoce como mapas de percepción.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de recopilación de datos se realizó durante la producción agrícola 2022-2023 en el departamento de La Paz, en los predios del Estación Experimental de Kallutaca perteneciente al Área Ciencias Agrícolas Pecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Pública de El Alto, situada en el departamento de La Paz, al Oeste de la ciudad de El Alto, en el municipio de Laja, provincia Los Andes. Geográficamente se sitúa a 16º 31’ 30’’ Latitud Sud, 68º 18’ 26’’ Longitud Oeste y a una altitud de 3901 m.s.n.m. (Google Earth, 2023).

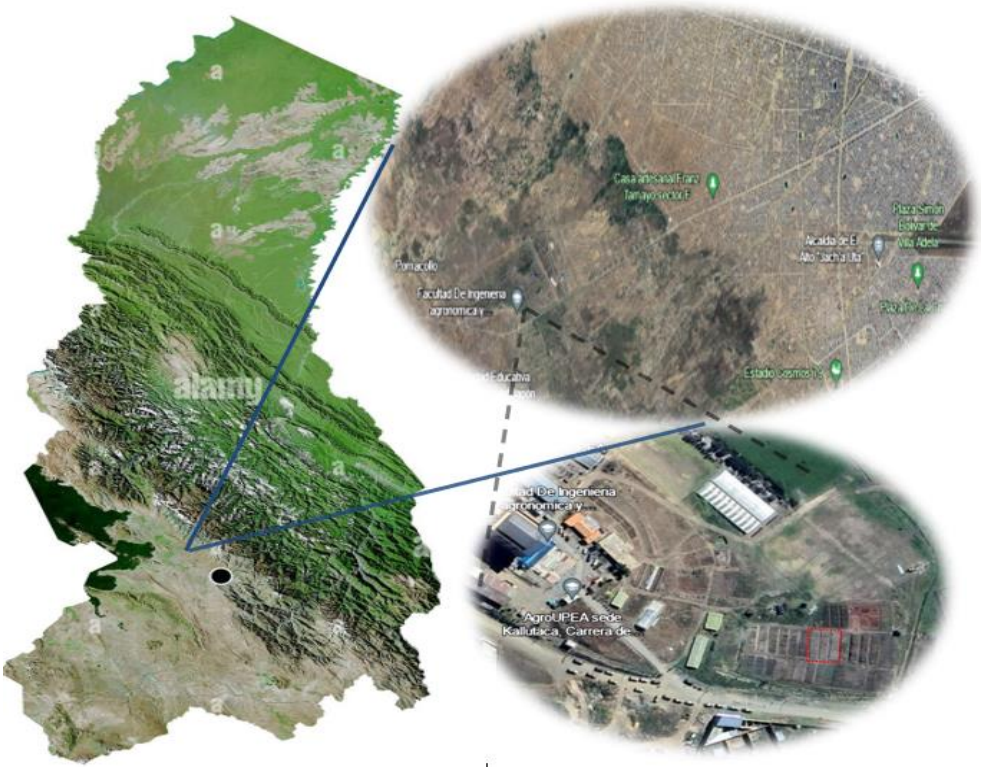


Figura 1. Ubicación geográfica del desarrollo de la investigación.

3.1.2. Vegetación

En las serranías la vegetación dominante son los pajonales: la ch'illiwa, iru jichhu (*Festuca sp)* en las zonas más bajas se encuentran, t'ola *(Parastrephia lepidophilla W.)*, suput'ula *(Fabiana densa R.)*, muni muni *(Bidens andicola* K.*)*, Diente de león *(Taraxacum officinalis* W.*)*, kaiña o kailla *(Tetraglochin cristatum* B.*)*, q'ila q'ila *(Lupinus altimontanus* C.*)*, qhanapaku *(Sonchus oleraceus* L.*)*, reloj reloj *(Erodium cicutarium* L.*)*, Januq'ara *(Lepidium spp.)*, ch'iji *(Pennisetum clandestinum* H.*)*, ch'iji pasto *(Muhlembergia fastigiata* P.*)*. Mostaza (*Brassica rapa L.)*.

3.1.3. Clima

En las zonas altas de Bolivia, los productores se encuentran establecidos a más de 3700 msnm, el municipio presenta recurrentemente climáticas adversas, amenaza alta respecto a heladas, granizadas, sequias, vientos o nevadas los que desafían la capacidad productiva de la zona (García *et al.*, 2019).

Existe intensa radiación solar durante el día, que contrasta con las bajas temperaturas nocturnas, provocando grandes variaciones térmicas que derivan en diferentes grados de estrés térmico de los cultivos, los mismos que pueden llegar a bajar considerablemente su producción en los días de helada en el invierno (mayo, junio y julio), cabe mencionar que el riesgo de helada se presenta durante todos los meses del año, aun en el verano (Laura, 2021).

Las precipitaciones, varían entre los 300 mm a los 600 mm, con un promedio de 439 mm/año. En la época de lluvias, que corresponde a los meses de diciembre, enero y febrero, las precipitaciones alcanzan hasta 225 mm al mes. En los meses de mayo, junio y julio, la precipitación es escasa. Las estaciones frías (otoño e invierno) van de mayo a septiembre, con ocasionales nevadas en invierno y la temporada caliente (primavera y verano) de octubre a abril, también considerada como la temporada de lluvias (SENAMHI, 2023).

3.1.4. Suelo

La región de Kallutaca presenta suelos de formación fluvio-lacustre no inundable con características de bofedales, texturalmente son suelos franco arcillosos con perfiles de horizontes distinguidos. Con una pendiente mínima de 1%, casi a nivel, el drenaje superficial es lento debido a su textura y pendiente (Guarachi, 2013).

Las propiedades físicas son de estructuración débil, compactación elevada y baja porosidad; impidiendo la infiltración del agua y su almacenamiento, con un alto riesgo de erosión. La capa arable es poco profunda, los suelos en los cerros aledaños son poco profundos y muy pedregosos, con tendencias a la erosión (Laura, 2021).

Poseen textura franca arcillo arenosa y presentan acumulaciones y materiales consolidados de gravas, arenas, limo, arcillas y caliza. en el altiplano tenemos suelos con problemas de salinidad, en cuanto al pH del suelo reporta un valor de 7.4 se tiene una conductividad eléctrica de 2,3 dS/m asimismo, presentan una acumulación de 4,4 % de materia orgánica (Vargas y Sandy, 2017).

3.1.5. Recursos hídricos

La capa freática se encuentra a profundidades variables, por lo que se pueden observar aguas superficiales en las zonas más bajas y cercanas a los ríos, los pozos son poco profundos y con un regular potencial hídrico (Guarachi, 2013).

3.2. Materiales

3.2.1. Material genético

El material genético implementado para desarrollar el trabajo de investigación es proveniente de banco de germoplasma de la carrera de Agronomía, de Universidad Pública de El Alto, está constituido por 14 accesiones de tubérculos de diferentes colores y formas, recolectadas y reproducidas por el módulo de investigación de Kallutaca (Figura 2).

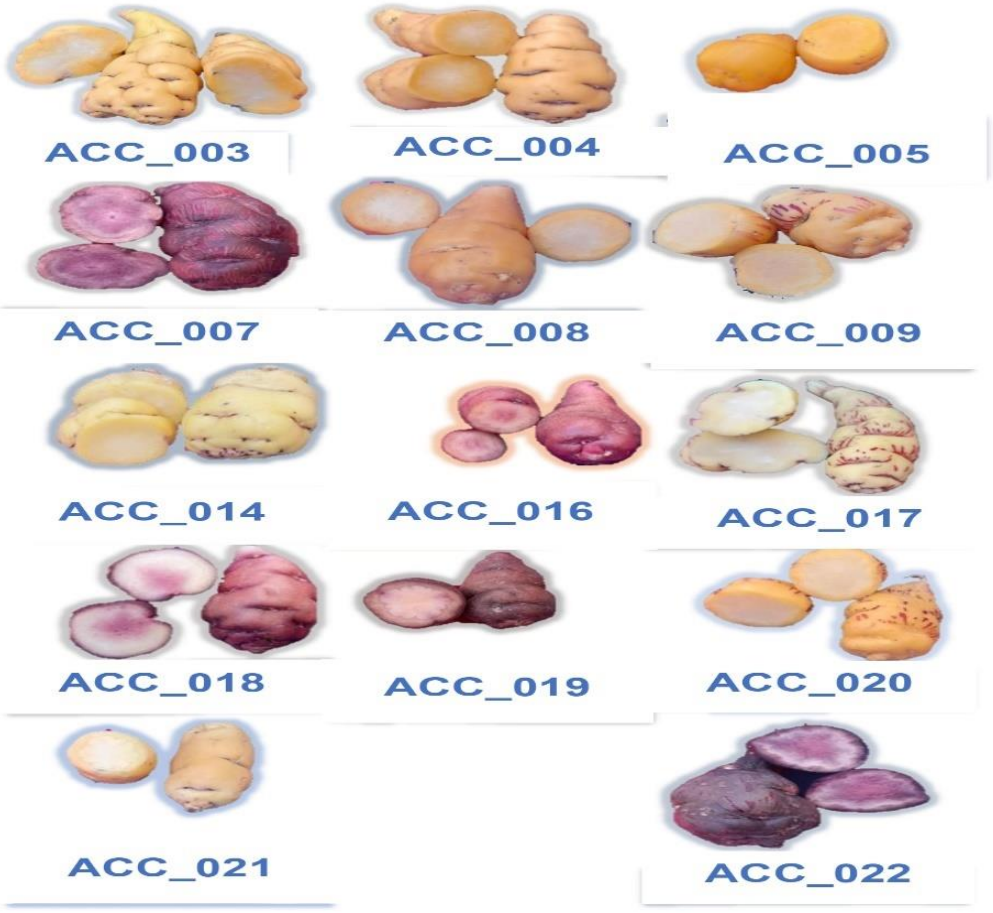


Figura 2. Accesiones registradas en banco de germoplasma.

3.2.2. Material de campo

Los materiales de campo que se utilizaron para el presente trabajo fueron los siguientes: Membretes de identificación, estacas, flexómetro, pala, chuntilla, rastrillo, carretilla, cámara fotográfica (celular), marcador gráfico, descriptores estándar del cultivo de isaño, cuaderno de datos, cuerda, balanza digital, vernier, bolsas de nylon tipo red, romanilla, bomba de agua eléctrica y cajas de alimentos de plástico para transporte y conservación.

3.2.3. Material de gabinete

Para análisis de la información y redacción al documento final se utilizaron: materiales de escritorio para la redacción, computadora, cuaderno de registros, fotografías, impresora, hojas bond, lápiz y fuentes impresas.

Como suite ofimática para procesamiento de la información se utilizó programas estadisticos spss, Rstudio y exel, acceso a internet para recopilación de información y para transcribir el documento final la aplicación Word de Microsoft Office.

3.3. Métodos

3.3.1. Preparación de terreno

Según Cardona *et al.* (2021), para dicha actividad debe tener en cuenta las prácticas agrícolas de conocer bien el historial de la parcela, tener un registro de los cultivos anteriores. Para un terreno en óptimas condiciones para la siembra se deben realizaron las siguientes labores:

- **Limpieza de terreno. -** Es una práctica de la agricultura de gran importancia, se procedió a retirar con una chuntilla residuos de la anterior cosecha, eliminar hiervas perennes, toda maleza que pueda perjudicar al desarrollo de la planta, se realizó una limpieza de material inorgánica que había por ese lugar como botellas plásticas, bolsas nylon y piedras. Según Ruiz (2022), esta actividad consiste realizar una limpieza retirando todo residuo que se encuentre en el lugar de siembra.
- **Roturación de terreno. –** con el objetivo de favorecer la aireación del suelo y viendo que en los predios tenía vestigios de una cosecha anterior de papa, no era necesario un tractor agrícola, la roturación se realizó a mano con picos llegando a una profundidad

recomendada. Ruiz (2022), Manifiesta que el trabajo puede realizarse con tractor agrícola, arado de cincel por animales o por la mano humana llegando a una profundidad de 20 cm.

- **Desterronado y acondicionado. -** para el mullido el suelo se realizó de forma manual con picotas y luego se procedió al nivelado del suelo, también habiendo indicios de encharcamiento de agua se abrió zangas de drenajes a los costados dejando tres parcelas bien definidas.

3.3.2. Área dimensional y delimitación.

El área experimental se realizó en un área total de 255 m^2 la misma fue repartida en tres parcelas orgánicas de 68 m^2, cada una de 4 m de ancho por 17 m de largo, en los cuales se sembró 2 surcos por cada accesión de isaño. La delimitación se realizó en bloques, separados por las zanjas de drenaje de 1.5 m de ancho por 17 m de largo por los lados.

5.2.4. Siembra

- **Preparación de semilla**

La preparación de semilla de las accesiones se realizó en los ambientes de módulo de investigación de la carrera de agronomía, para cada bloque se dispuso 24 tubérculos con peso que varían de 333 g a 1100 g de cada accesión. Los cuales son distribuidos en bolsa con sus respectivas identificaciones.

- **Abonamiento y Siembra**

Para el abonado se procedió a abrir los surcos donde se depositó en cada surco 2.4 kg de abono bovino a chorro continuo, para que las plantas dispongan de nutrientes para un buen desarrollo.

La siembra se realizó en un ambiente de sequía que atravesaba todo el altiplano, considerando el ciclo de producción que tiene este tubérculo, un sábado 22 de octubre de 2022 se procedió al sembrado de los tubérculos de forma manual utilizando picos, se dispuso dos surcos para cada una de las accesiones en cada bloque y la siembra se realizó a una distancia de 0,30 m. entre plantas y 0,60 m.

entre surcos, la semilla se puso a una profundidad de 0,15 m y finalmente se procedió a tapar con tierra siempre cuidando la semilla.

Según Arcos *et al.* (2020) y Ruiz (2022), recomienda realizar la siembra al inicio de la temporada de lluvias, debido a que las condiciones de humedad y clima favorecen el desarrollo de las plantas. El distanciamiento entre surcos y semilla depende si el cultivo está destinado a producir semilla (surcos más angostos) o consumo, Los abonos o fertilizantes se aplican en el fondo del surco, luego, se tapa con una capa superficial de tierra para evitar el quemado de los brotes de la semilla.

3.3.3. Distribución de marbetes a plantas

Para identificas a las plantas seleccionadas de una parcela es necesario colocarlos una etiqueta única para hacer un buen seguimiento individual del desarrollo de cada planta, durante la investigación. La distribución se realizó aleatoriamente una vez que las plantas emergieran más de 50%, se seleccionaron cinco plantas por unidad experimental, en los marbetes indica el bloque y accesión que corresponde, para distinguir muestras se utilizó marbetes de colores anaranjado, verde, blanco, azul y rojo para una mayor comodidad y precisión al momento de tomar datos.

3.3.4. Riego

La campaña agrícola fue afectada por la falta de lluvias en todo el sector del altiplano perjudicando en la germinación de las plantas, para para mantener la humedad del suelo y minimizar los daños causados por la sequía se implementó riego para cumplir los requerimientos básicos de las necesidades del tubérculo, el riego de la parcela se lo realizo por 15 minutos cada dos días con una bomba extractora de agua de 2 hp con la capacidad 45 litros por minuto (10 l/m^2).

Según Apaza *et al.* (2020), la producción agropecuaria en el Altiplano desde el inicio de la campaña agrícola ha enfrentado dificultades, las lluvias se demoraron bastante, debieron haber comenzado por los meses de septiembre y octubre, estas recién ocurrieron a mediados de diciembre, familias productoras han optado por sembrar en seco esperando lluvia y otras familias sembraron muy tarde y fuera de época.

3.3.5. Deshierbe

El deshierbe se realizó de forma manual con un pico o chuntilla a los 68 días después de la siembra, debido a la sequía que predomina en el lugar no hay mucha maleza solo se pudo identificar papa silvestre (*solanun sp.), un* segundo deshierbe se lo realizo a los 95 días antes de aporcar se observó más variedad de maleza como malva (*Tarasa tenella Krapov)* reloj reloj (*Erodium cicutarium*), mostaza (*Brassica rapa L*.), quinua (*Chenopodium quinoa*.) Según Arcos *et al.* (2020), la malezas se debe controlar oportuna y eficientemente, se eliminan con picos y herramientas conocidas como lijuanas.

3.3.6. Aporque

Se realizo dos aporques con el fin de ayudar al desarrollo de la planta. El primer aporque se realizó con una chuntilla a los 68 días junto con el primer deshierbe con el objetivo de roturar el suelo endurecido para dar aireación al suelo y facilitar su desarrollo radicular. El segundo aporque se lo realizo a los 98 días elevando los camellones para mejorar soporte de la parte foliar y para una evacuación de aguas de lluvia que por conocimiento mes de febrero suele ser cuando hay precipitaciones. según Arcos *et al.* (2020), expresa que la actividad se realizada con frecuencia entre 60 y 70 días después de la siembra y el segundo aporque se realiza entre 20 y 25 días después del primer aporque para ello, se deposita una capa de tierra sobre el camellón permitiendo elevar la altura.

3.3.7. Fertilización y monitoreo de factores físicos

El isaño se caracteriza por ser un cultivo rustico que generalmente no requiere abonado durante su desarrollo, pero con el cambio climático presente afecto de manera sustancial a las plantas y se vio la necesidad de abonar para disminuir los efectos de los factores físicos que puedan ocasionar durante su desarrollo.

- **Granizada. –** Se presento en mes de enero ocasionando daños por caída de hojas para lo cual se aplicó abono foliar 20-20-20 preparado en 10 litros de agua con una mochila pulverizador.
- **Helada. –** El primer registro de helada fue en mes de diciembre donde las plantas eran sumamente pequeñas, para ayudar a sobrevivir se realizado abonado con estierco seco de ovino colocando un puñado por planta (60-70 g). En enero se

registró por segunda vez, en esta ocasión se utilizó abono granulado (3-5 g por planta). A fines de febrero las plantas estaban en un desarrollo vegetativo de gran importancia la helada se presentó otra vez y para ayudar a la planta se utilizó abono foliar (20-20-20) y abono orgánico de cuy y oveja y a mediados de mes de abril el descenso de temperatura ocasiono una necrosis general en el área foliar. Según Gutiérrez (2020), la helada es un factor que perjudica de gran manera al desarrollo de la planta en los meses de diciembre, enero y febrero.

3.3.8. Cosecha

La cosecha se realizó manualmente con chuntillas en mes de mayo a los 203 días. Los tubérculos fueron separados en dos partes, las que están identificadas con marbetes fueron recolectados en bolsas red por muestra y almacenadas con sumo cuidado para realizar limpieza y toma de datos faltantes, el restante se recogió en bolsas en común por accesiones para su posterior almacenamiento.

A causa de una helada a los 168 días después de la siembra sufrió una necrosis general en la parte vegetativa y no cumplió su ciclo de desarrollo. pero esta incidencia no es aislado según Chacón (2019), la cosecha fue realizada manualmente con el uso de picos a los 187 días después de la siembra.

3.4. Diseño experimental

El presente trabajo de investigación está distribuido en diseño de bloques al azar (DBA), según Ochoa (2019), consiste en la agrupación de todos los tratamientos en grupos denominado bloque con el siguiente modelo aditivo lineal:

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

Dónde:

Y_{ij} = Valor observado de la variable de respuesta en una unidad experimental del j-ésimo bloque que recibe el i-ésimo tratamiento.

μ = Media general.

β_j = Efecto aleatorio del j-ésimo bloque.

α_i = Efecto fijo del i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Efecto aleatorio de residuales o error experimental.

3.5. Variables de Respuesta agro-morfológicas

Las variables fueron registradas desde la emergencia hasta la maduración de los tubérculos, teniendo las siguientes variables:

3.5.1. Peso de semilla (PS)

Para el registro de esta variable se realizó el pesaje del tubérculo que se usaron como semilla con una balanza digital en gramos antes de la siembra.

3.5.2. Días a la emergencia (DE)

Los días transcurridos a la fase de emergencia, se registró desde el momento de la siembra hasta el día en que supera el 51% de emergencia del total de las plantas de cada unidad experimental.

3.5.3. Porcentaje de emergencia (PE)

La toma de datos se refiere a cuantas plantas emergieron en su totalidad, y su registro se llevó en todo el proceso de crecimiento verificando siempre que no se observara otros brotes

3.5.4. Altura de planta (AP)

La altura de la planta se refiere a longitud vertical que llega la planta, la misma fue evaluada cuando dio indicios de un botón floral. La medición se realizó con un flexómetro, en centímetros (cm) desde la base del tallo (al nivel del suelo) hasta el punto más alto de la planta,

3.5.5. Numero de ramas (NR)

Carácter que fue evaluado cuando la planta llega a su plena madurez fisiológica, el conteo de ramas se realizó de manera directa.

3.5.6. Cobertura foliar (CF)

La evaluación de este carácter se realizó con un flexómetro en la madurez de la planta, midiendo el diámetro que alcanza toda su densidad de follaje y expresándolo en m^2.

3.5.7. Rendimiento por hectárea (Rha)

El cálculo de rendimiento se realizó después de la cosecha en toneladas por hectárea (t/ha) en base al peso que se obtuvo por cada unidad experimental de cada accesión.

3.5.8. Número de tubérculos por planta (NT)

Actividad realizada después de la cosecha, se contabilizo de manera directa todos los tubérculos identificados, independientemente de su tamaño.

3.5.9. Diámetro de tubérculos de isaño (DT)

La medición de la variable se realizó en milímetros (mm) con un calibrador o vernier en los tubérculos más sobresalientes de la parte más ancha del tubérculo.

3.5.10. Longitud de tubérculos de isaño (LT)

La medición se realizó en milímetros con un calibrador o vernier del eje mayor de los tubérculos más sobresalientes.

3.5.11. Numero de yemas (ojos) de tubérculos de isaño (NY)

Esta variable fue evaluada después de la cosecha, con un conteo directo de las yemas de los tubérculos con un tamaño aproximado de 10 g.

Tabla 2. Resumen de evaluación de variables cuantitativas

Variables	Cod	Evaluación
Peso de semilla	PS	Pesaje del tubérculo antes de la siembra
Días de emergencia	DE	Días transcurridos a la fase de emergencia
Porcentaje de emergencia	PE	Plantas emergidas en su totalidad
Altura de planta	AP	Longitud vertical de la planta

Numero de ramas	NR	Conteo de ramas
Cobertura foliar	CF	Diámetro de la densidad de follaje
Rendimiento por hectárea	Rha	Cálculos en base al peso de tubérculo
Numero de tubérculos por planta	NT	Conteo de tubérculos por muestra
Diámetro de tubérculos	DT	Medición de la parte más ancha de tubérculo
Longitud de tubérculo	LT	Medición del eje mayor de tubérculo
Numero de yemas	NY	Conteo de las yemas

3.5.12. Tipo de planta (TP)

Este carácter fue registrado antes de la fase de floración y hace referencia al crecimiento vegetativo que tiene la planta, visualmente se determinó bajo dos opciones:

1 Semierecta
2 Dispersa

3.5.13. Color de follaje (CF)

La valoración de esta variable se realizó en plena madurez fisiológica de la planta, el color de las hojas de la planta generalmente suele ser verde, pero esta puede variar de tonalidades dependiendo de las accesiones y de acuerdo con los descriptores pueden ser:

1 Verde amarillento
2 Verde
3 Verde oscuro

3.5.14. Color envés de la hoja (CE)

En la planta de isaño en el color de envés de la hoja no varía mucho registrando en plena madurez fisiológica de la planta existen dos alternativas descritas en los descriptores:

1 Verde
2 Verde con nervadura pigmentada

3.5.15. Color de tallos (CT)

Descrita según descriptore para el cultivo de isaño en la etapa de madurez fisiológica de la planta, se puede apreciar de colores:

1 Verde
2 Verde con pigmentación
3 Rojo grisáceo
4 Púrpura grisácea

3.5.16. Número predominante de lóbulos por lámina (NL)

Variable observada en la madurez fisiológica de la planta de la planta, fue descrito según la indicación de los descriptores con las siguientes opciones:

1 Tripeltada
2 Pentapeltada
3 Tri y penta peltada

3.5.17. Color de predominante de la piel del tubérculo (CPT)

Realizada la limpieza después de la cosecha correspondiente de los tubérculos de isaño se puede apreciar diferentes colores y tonalidades dependiendo de las accesiones y se clasifican según descriptores en:

1 Blanco amarillento
2 Amarillo pálido
3 Amarillo
4 Amarillo naranja
5 Naranja
6 Rojo grisáceo
7 Rojo grisáceo oscuro
8 Púrpura grisácea
9 Negro

3.5.18. Color secundario de la Piel del tubérculo (CST)

Realizada la limpieza de los tubérculos y una observación más detallada se puede apreciar la presencia de un color secundario es las superficies y se puede identificar bajo las siguientes características:

1 Ausente
2 Amarillo
3 Rosado
4 Rojo
5 Rojo grisáceo
6 Púrpura oscura

3.5.19. Distribución del color secundario de la piel del tubérculo (DCT)

La distribución de color secundario variar de lugar dependiendo de las accesiones en estudio están pueden estar en patrones o irregulares como menciona en la siguiente nominación:

1 Ausente
2 Ojos
3 Ojos y bandas irregulares sobre tuberizaciones
4 Ojos con bandas irregulares sobre tuberizaciones y puntos irregularmente distribuidos
5 Ojos y puntos densos irregularmente distribuidos
6 Ojos y manchas irregularmente distribuidos

3.5.20. Color predominante de la pulpa del tubérculo (CPP)

Para observar los colores que tiene la pulpa del tubérculo es necesario el uso de un cuchillo, cortar a la mitad y realizar los debidos registros bajo las siguientes nominaciones:

1 Blanco
2 Blanco amarillento
3 Amarillo
4 Naranja amarillento
5 Naranja
6 Púrpura

3.5.21. Color secundario de la pulpa del tubérculo (CSP).

Al realizar el corte es posible observar un color secundario distribuido en la pulpa, para su registro es común usar descriptores con las siguientes alternativas:

1 Ausente
2 Blanco

	3	Amarillo
	4	Naranja
	5	Rojo grisáceo
	6	Púrpura oscura

3.5.22. Distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo (DCP).

Una vez realizada el corte en el tubérculo se puede observar los colores en la pulpa pueden estar distribuidos de la siguiente manera:

	1	Ausente
	2	Médula
	3	Anillo vascular
	4	Zona cortical

3.5.23. Forma general del tubérculo (FT).

Después de la cosecha se observó las diversas formas que presenta el tubérculo, según cada accesión y condiciones de crecimiento y se clasifican en:

	1	Cónico
	2	Cónico alargado
	3	Alargado

3.5.24. Profundidad de ojos de los tubérculos (PY).

En la postcosecha se puede observar los ojos o yemas ubicados a diferentes profundidades y según descriptores tenemos:

	1	Semiprofundos
	2	Profundos y tuberosados
	3	Muy profundos y tuberosados

3.5.25. Tolerancia a heladas (TH)

Para el registro de esta variable, se estimó el daño causado en la cobertura foliar después de cada suceso de la helada, de acuerdo a la siguiente descripción.

TH	1	Malo
	2	Regular

3 Bueno

Tabla 3. Resumen de evaluación de variables cuantitativas

Variable	Cod	Evaluación
Color de follaje	CF	Carácter evaluado en la madurez fisiológica
Color de envés de hoja	CE	Carácter evaluado en la madurez fisiológica
Color de callos	CT	Carácter evaluado en la madurez fisiológica
Numero predominante de lóbulos	NL	Carácter evaluado en la madurez fisiológica
Color predominante de la piel de tubérculo	CPT	Carácter evaluado después de la cosecha
Color secundario de la piel de tubérculo	CST	Carácter evaluado después de la cosecha
Distribución de color secundario de la piel del tubérculo	DCT	Carácter evaluado después de la cosecha
Color predominante de la pulpa de tubérculo	CPP	Carácter evaluado después de la cosecha
Color secundario de la pulpa del tubérculo	CSP	Carácter evaluado después de la cosecha
Distribución de color secundario de la pulpa del tubérculo	DCP	Carácter evaluado después de la cosecha
Forma general del tubérculo	FT	Carácter evaluado después de la cosecha
Profundidad de los ojos del tubérculo	PY	Carácter evaluado después de la cosecha
Tolerancia a helada	TH	Carácter evaluado después de la helada

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Datos climáticos

Los datos climáticos provienen de la estación experimental de Kallutaca de la carrera de ingeniería agronómica de la Universidad Pública de el Alto. Los datos son registrados durante la investigación de la campaña agrícola 2022-2023 de octubre a mayo.

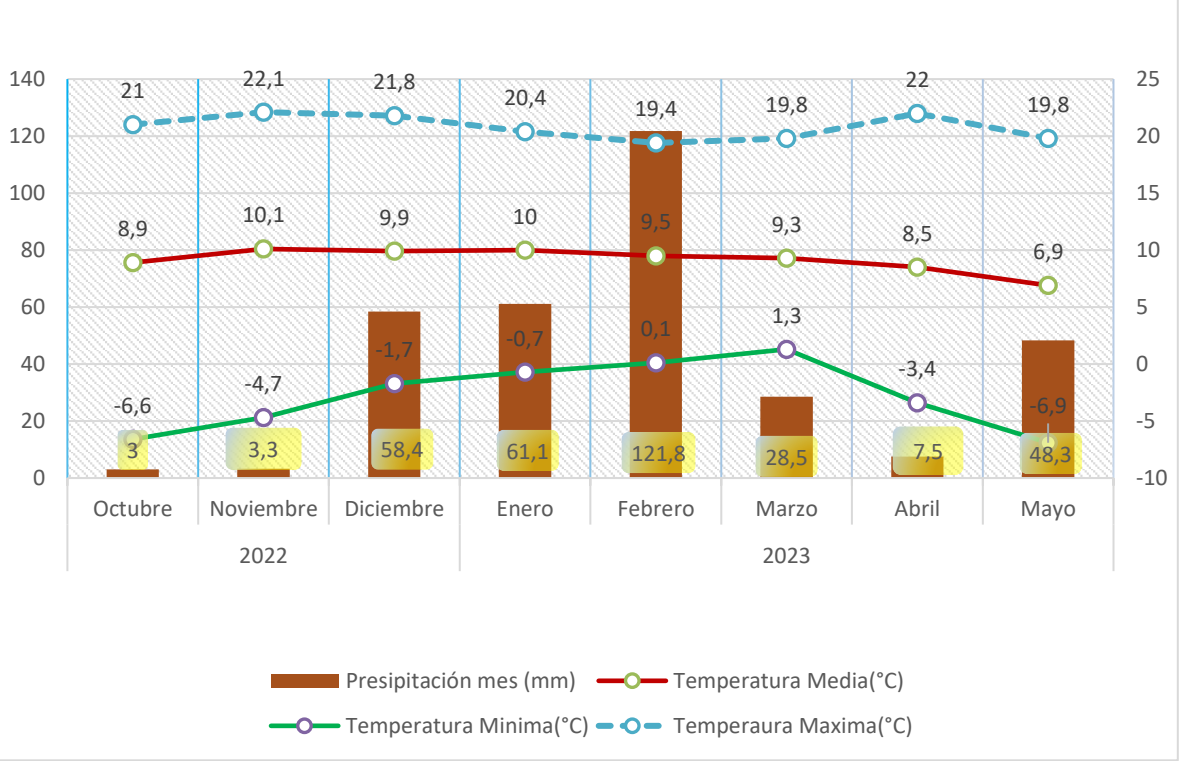


Figura 3. Climadiagrama de centro experimental Kallutaca.

4.1.1. Temperaturas

De acuerdo a su estructura fisiografía, Kallutaca se caracteriza por un clima frio y con mediana vegetación, las temperaturas mínimas se presentaron en los meses de octubre (-6.6 °C), noviembre (-4.7 °C), afectando en forma negativa en la emergencia de las plantas, durante la campaña agrícola el periodo crítico se presenta en abril con -3.3 °C ocasionando marchites permanente de las plantas, en los meses procedentes el descenso de las temperaturas siempre está presente ocasionando pequeñas quemaduras en las hojas, durante los meses de la campaña agrícola las temperatura máxima oscila de 19.4°C a 22.8

°C se encuentra en un rango donde no afecta de gran manera al cultivo, asimismo las temperaturas no son ideales para una producción de tubérculos, llegando a afectar un desarrollo normal la planta. (Figura 3)

Es conocido que la temperatura afecta el crecimiento y desarrollo de la planta y las condiciones de humedad el aire en el ambiente. la elevación y variación de la temperatura estaría provocando la aparición de cierto tipo de plaga en los cultivos. (Martínez *et al.*, 2020)

Una buena temperatura induce el desarrollo de la vegetación, absorción de agua y nutrientes y el crecimiento general de la planta. Las bajas temperaturas dificultan la captación de agua debido a su menor viscosidad y ralentizan el proceso de fotosíntesis. La falta de calor es una condición desfavorable para las actividades de los microorganismos que habitan la tierra, ya que un bajo metabolismo implica una baja liberación de nutrientes y también una baja disolución. Por tanto, cuanto más fría sea la tierra, menos nutrientes y agua podrán obtener las plantas. En cuanto al crecimiento de las raíces y los brotes, ralentizan su crecimiento general. Teniendo en cuenta los valores óptimos de temperatura beneficiosas para su germinación y desarrollo de cada cultivo (Cherlinka, 2021).

4.1.2. Precipitación

Las precipitaciones registradas en la Estación Experimental de Kallutaca durante la campaña agrícola 2023-2023 alcanzaron un valor de 283.6 mm , en la Figura 3, se observa las precipitaciones durante el transcurso de la investigación, en los primeros meses existe una carencia de lluvias, las precipitaciones se presentan a partir de mes de diciembre con una baja intensidad, en mes de febrero (121.8 mm) se registra la mayor cantidad e intensidad de precipitación pluvial y en los últimos meses existe una disminución considerable de lluvias en el altiplano, la acumulación de lluvias no satisface los requerimientos básicos de agua para cultivo de isaño por lo tanto existe un efecto negativo en el desarrollo del cultivo.

La humedad del suelo es muy importante en la agricultura. Si hay exceso o déficit de agua, las plantas pueden morir. Al mismo tiempo, el contenido de humedad del suelo depende de muchos factores externos, principalmente las condiciones meteorológicas y los cambios climáticos (Cherlinka, 2021).

Las lluvias son muy importantes en el área rural del altiplano boliviano para la producción agrícola de muchas familias campesinas y originarias, gracias a ellas se pueden lograr rendimientos óptimos en la producción (Mayta, 2019).

4.2. Análisis estadístico de variables cuantitativas

Los resultados estadísticos descriptivos cuantitativos evaluados en la investigación están expresados en tablas, información que reporta resultados de media, mediana, desviación estándar, asimetría, curtosis mínimos y máximos

Tabla 4. Estadística descriptiva de Peso de Semilla (PS), Días de Emergencia (DE) y porcentaje de emergencia (PE) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

variables	Media	Mediana	DE	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
Peso de semilla (g)	22,36	20,67	7,90	0,79	-0,14	11	40
Días de emergencia (días)	39.60	40.00	2.57	-0,93	0.77	33	44
Porcentaje de emergencia (%)	77,40	78,64	12,40	-0,16	-1,12	54	95

El peso de semilla fluctúa de 11 g a 40 g con una predominancia de la accesión 003, la variable en estudio presenta un promedio de 22.36 g, la mediana de 20.67 g, con una deviación estándar de 7.9 g, la asimetría de 0.79 g hace referencia de la existencia de mayor cantidad de semillas por debajo de la media y la curtosis registra -0.14 con una agrupación mesocúrtica (Tabla 4). El tamaño de tubérculos usados para la siembra es diferente a lo recomendado, según Yepez y Tumpay (2023), los tubérculos a ser usados como semilla deben tener un tamaño promedio entre 60 g y 100 g, con bastantes yemas.

Días de emergencia presenta información de un promedio y mediana 40 días, desviación estándar (2.57 días) con una mínima dispersión con respecto a la media, la asimetría de -0.93 describe que la mayoría de las semillas emergieron después de los 40 días, la curtosis cuyo valor de 1.16 señala una agrupación de leptocúrtica y como rangos variables registra de 33 a 44 días donde sobresalen las accesiones 004 y 007 con una emergencia más tempranas y la accesión 005 la más tardía. (Tabla 4). Los resultados demuestran que los días a la emergencia están condicionados a factores agroecológico de lugar en donde se

cultiva, según Apaza (2018), estudio realizado en cabeceras de valle de municipio de chuma se observó que más del 50% de plantas emergieron, a los 33-34 días de la siembra, mientras que en el altiplano estudios realizados según Mendoza (2022), indica que las accesiones de isaño en estudio emergieron en un rango de 35 a 67 días después de la siembra.

Las plantas consideradas en el estudio de porcentaje de emergencia tienen en promedio 77.4% de brotamiento y la mediana 78.6%, la desviación estándar de 12.4% denota una dispersión amplia con respecto a la media, la asimetría tiene una tendencia negativa de -0.16%, los datos de curtosis están agrupados de manera platicúrtica y los rangos de emergencia varían 54% a 98.5%. sobresaliendo de accesión 016 con mayor número de plantas emergidas y la accesión 014 tiene el menor porcentaje de emergencia (Tabla 2), diferentes estudios realizados son similares a los datos generados según Chacón (2019), explica sobre los resultados de porcentaje de emergencia referido al distanciamiento de plantas con un promedio de 73.33% de plantas emergidas.

Tabla 5. Estadística descriptiva de Altura de planta (AP), Numero de ramas (NR), Cobertura foliar (CF) y Rendimiento por hectárea (Rha) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca.

Variable	Media	Mediana	DE	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
Altura de planta (cm)	39,81	38	8,45	0,27	-1,05	26,8	56
Numero de ramas (ud*)	9,87	9,44	1,84	0,56	0,22	6	14,6
Cobertura foliar (m^2)	0,12	0,16	0,05	0,76	0,53	0,04	0,25
Rendimiento hectárea (t/ha)	9,36	8,72	4,4	0,49	-0,88	3,07	19,26

Unidades (*)

El promedio para altura de planta (Tabla 5) muestra 39.8 cm, la mediana registra valor de 38 cm, la deviación estándar es ligeramente dispersa de 8.45 cm, la asimetría de 0.27 cm tiene una deviación positiva interpretándose que las plantas en su gran mayoría tienen una altura inferior a la del promedio, los datos según la curtosis -1.57 son agrupados parcialmente de manera platicurtica, y muestra un rango de variación de 26.8 cm a 56 cm de altura, sobresale la accesión 016 con plantas de mayor altura y la accesión 017 posee un crecimiento bajo. Los resultados descritos son inferiores a otros investigaciones, según

Mendoza (2022), describe que las accesiones de isaño registraron la altura de planta en un rango de 35 cm a 76 cm con una curtosis negativa y los estudios realizados por Mamani (2018), explica que ramas presentaron una media aproximada de 72,33 cm, siendo la mínima 61 cm máxima de 143 cm.

En el Tabla 5 se observa la variable número de ramas con un promedio de 9.8 unidades ramificadas y su mediana registra 9.44 ramas, la desviación estándar de 1.48 ramas indica una dispersión mínima con respecto a la media, en la asimetría se observa desviación positiva interpretándose que la mayoría de las plantas tiene sus ramas inferiores a la media, los datos registrados de la curtosis de 0.22 ramas demuestra una agrupación mesocúrtica, la accesión 021 representa con un mayor número de ramificaciones de 15 ramas y la mínima registrada de 6 ramas corresponde a la accesión 005, según los estudios realizados por Mamani (2018), muestra que las plantas de isaño es estudio presentaron un rango de 10 a los 41 ramas por planta.

Cobertura foliar registro un rango de variación de 0.25 m^2 a 0.04 m^2 la mínima registrada pertenece a la accesión 021 y la accesión 005 sobresale con una cobertura foliar amplia, en promedio se observa 0.12 m^2 de cobertura vegetal, la mediana registra 0.11 m^2 de cobertura vegetal, desviación estándar de 0.05 m^2 da a entender una dispersión mínima con respecto a la media, la asimetría registra 0.76 m^2 significa que la mayoría de las plantas tienen una cobertura foliar por debajo de la media general y según la curtosis se agrupa ligeramente de manera leptocúrtica (Tabla 5).

Las muestras de la población estudiada registran rendimientos variables entre accesiones de isaño, en Tabla 5 describe los resultados de la presente campaña agrícola, promedio de producción 9.36 t/ha y su mediana tiende a 8.75 t/ha, la desviación estándar (4.4 t/ha) indica que la dispersión considerable con respecto a la media, la asimetría (0.49 t/ha) describe una ligera desviación positiva que se interpreta que la mayoría de las accesiones tuvieron un rendimiento por debajo de la media. Según la curtosis están agrupados ligeramente de manera platicúrtica, como máximos y mínimos se tiene la accesión 007 es la de mejor rendimiento con 19.6 t/ha y la accesión 005 registra como una de las accesiones de menor rendimiento con 3.07 t/ha. Los resultados encontrados son muy inferiores a otros estudios realizados, según Mamani (2018), registró una media de 0,49 kg por planta y el promedio de rendimiento de 31 t/ha por accesión, otro estudio de Mendoza (2022), muestra un

rango de 0.25 kg a 1.11 kg por planta con una producción media de 32 t/ha, la causa de bajos rendimientos fua a causas de factores físicos como la sequía, granizada y sobre todo el descenso de temperatura que ocasionó la marchites de la planta antes de concluir su ciclo vegetativo,

Tabla 6. Estadística descriptiva de Numero de tubérculos (NT), Longitud de tubérculos (LT), Diámetro de tubérculo (DT), peso de tubérculo (PT) y Numero de yemas (NY) evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

Variables	Media	Mediana	DV	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
Numero de tubérculos	16,9	17,4	4,99	0,14	-0,51	7,8	28,40
Longitud de tubérculo (mm)	54,5	51,2	17,54	0,64	-0,24	30	100
Diámetro de tubérculo (mm)	27,1	26,1	5,20	0,88	0,70	20,0	40,0
Peso de tubérculo (g)	24,7	21,1	12,76	1,38	1,68	11,1	64,0
Numero de yemas (g)	13.26	12.3	3.82	1.18	1,54	6.8	23.8

Los resultados de numero de tubérculos por planta varían de 7.8 a 28.40 unidades, la accesión 019 sobresale con mayor producción tubérculos, el promedio de tubérculos producidos por las plantas es 16.9 unidades y su mediana registrada es de 17.4 unidades, su desviación estándar presenta una distribución dispersa con respecto a la media de 4.99 tubérculos, la asimetría describe un deviación positiva de 0.14, y según la curtosis de -0.51 los tubérculos son agrupados parcialmente de manera platicurtica. Los resultados encontrados son diferentes a otras observaciones según Mamani (2018), detalla una media de 22 unidades por planta con una alta variabilidad entre accesiones, otro reporte a mencionar de Mendoza (2022), la cantidad de tubérculos cosechados por planta variaron de 27 a 138 unidades.

La variable longitud de tubérculos son datos registrados de los tubérculos sobresalientes de cada accesión, según Tabla 6 la accesión 003 produjo los tubérculos de mayor tamaño con una representación de 100 mm y en la accesión 016 presenta los tubérculos de menor tamaño (30 mm), el promedio de tamaño de los tubérculos es de 54.5 mm mediana tiende a 51.2 mm, desviación estándar de 17.54 mm expresa una gran dispersión con respecto a

la media, la asimetría de 0.64 describe ligera deviación positiva y la curtosis registra -0.24 mm, los presentes datos tiene cierta similitud con los registrados por (Mamani, 2018) que presenta longitudes de 5 cm a 13 cm, y Ponce y Solarzano (2024), que presenta en su análisis tubérculos de isaño con una media de 8 cm.

El promedio de diámetro de tubérculo alcanzado es de 27.1 mm, la mediana registra 26.1 mm, la deviación estándar de 5.20 mm expresa una ligera desviación con respecto a la media, la asimetría de 0.88 mm expresa una deviación positiva, los datos según la curtosis 0.709 mm son agrupados parcialmente de manera leptocúrtica y como máximos y mínimos se tiene a los tubérculos de la accesión 003 con mayor diámetro de 40 mm y los tubérculos de la accesión 021 mm que reportan diámetros mínimos de 20 mm, Ponce y Solarzano (2024), obtuvieron datos similares con un rango de variación de 3 a 4 cm de diámetro de tubérculos otro estudio similar es de Mamani (2018), presento un promedio de 3.1 cm con un rango de variación de 2.6 a 4 cm.

En el Tabla 6 se observa los datos registrados del peso de tubérculo, los rendimientos presentan rangos variables de 11.1 a 64 g, el promedio de peso de los tubérculos es de 24.7 g y su mediana tiende a 21.1, la desviación estándar de 12.6 g expresa una gran dispersión con respecto a la media, la asimetría de 1.3 describe que el peso de tubérculos tiene deviación positiva interpretándose que la mayoría de los tubérculos tienen peso por debajo de la media, los datos según la curtosis 1.6 g están agrupados parcialmente de manera leptocúrtica.

Número de yemas registrada en Tabla 6 muestra un promedio de 13.26 yemas por tubérculo y su mediana tiende a 12.20 yemas por tubérculo, la desviación estándar indica una dispersión mínima con respecto a la media, la asimetría de 1.18 yemas por tubérculo significa que la mayoría de los tubérculos tiene yemas por debajo de la media, los datos según la curtosis 1.7 son agrupados parcialmente de manera leptocúrtica y como rango máximo y mínimo se observa a la accesión 003 con mayor número de yemas en sus tubérculos (23.8) y en la accesión 005 presenta los tubérculos con menor número en sus yemas (6.8). Según Apaza (2018), presenta resultado del análisis de numero de yemas con una gran significancia entre variedades debido a características genotípicas con rangos que varían de 10 a 13 yemas por tubérculos y el peso de cada tubérculo se encuentra en un rango de 22 a 42 g.

4.3. Análisis estadístico de variables cualitativas

Los resultados estadísticos descriptivos cualitativas evaluados en la investigación están expresadas en tablas, información que reporta resultados de frecuencia y porcentaje de las 14 accesiones de isaño en estudio.

Tabla 7. Frecuencias relativas y absolutas de variables cualitativas de Tipo de planta (TP), Color de hoja (CH), Color de envés de la hoja (CE), Color de tallo (CT) y Numero de lóbulos de hoja (NL) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca.

variable		Estados	Frecuencia	Porcentaje
Tipo de planta	TP	Semierecta	9	64,3
		Dispersa	5	35.7
Color de hoja	CH	Verde amarillento	1	7,1
		Verde	8	57,1
		Verde oscuro	5	35,7
Color de envés de hoja	CE	Verde	10	71.4
		Verde con nervadura pigmentada	4	28.6
Color de tallos	CT	Verde	2	14,3
		Verde con pigmentación	4	28,6
		Rojo grisáceo	3	21,4
		Púrpura grisácea	5	35,7
Numero de lóbulos	NL	Tripeltada	5	35,7
		Pentapeltada	3	21,4
		Tri y penta peltada	6	42,9

Las muestras analizadas de tipo de planta se aprecian con mayor frecuencia las de tipo disperso, según los resultados el 64.3% de las plantas presentaron un crecimiento de carácter simierecta y los restantes 35.7% de las plantas son de tipo disperso (Tabla 7). Los resultados presentados son diferentes a otras investigaciones, según Mendoza (2022), las plantas de tipo disperso son muy frecuentes en poblaciones de isaño.

La descripción cualitativa de color de hojas en Tabla 7 presenta con mayor frecuencia hojas de color verde, (57%) seguidas de verde oscuro (35.7%) y verde amarillento (7.12%) respectivamente.

En la Tabla 7 se observa que un 71% de las muestras presentaron el envés de la hoja de color verde y un 28.6% presentan en su envés un color verde con nervadura pigmentada. Existe ciertas similitudes con respecto a otras investigaciones según Mamani (2018), entre las accesiones, el color más común de hojas es el verde en el has y envés de hoja, de la misma manera Mendoza (2022), manifiesta que el 40% del total presentaron follaje de color verde en ambos lados. indicando el color más común seguido de verde oscuro.

En estudio de color de tallo se identifican 4 diferentes tonalidades, las muestras analizadas presentan con mayor frecuencia tallos de color purpura grisácea con el 35.7%, el 28.6% presenta tallos verdes con pigmentaciones, el 21.4% presenta tallos de color rojo grisáceo y una menoría de 14.3% presentaron muestras con tallos de color verdes. (Tabla 7). Asimismo Mamani (2018), indica que el color predomínate es el purpura grisáceas (50%)

Una de las características de las plantas de isaño son los lóbulos que presentan las hojas en la Tabla 7 se aprecia que se registró con mayor frecuencias plantas de hojas Tri y pentapeltadas (42.9%), las hojas tripeltadas presentan el 35.7% de las plantas y por último con 21.4% se encuentra las plantas con hoja pentapeltada. Estos datos son semilares a los encontrados por Mendoza (2022), que manifiesta que el 60% de isaño presentaron laminas tri y pentapeltadas

Tabla 8. Frecuencias relativas y absolutas de variables cualitativas de Color predominante de tubérculos (CPT), Color secundario de tubérculo (CST) y Distribución de color secundario del tubérculo (DCT) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca.

variable		Estados	Frecuencia	Porcentaje
Color predominante de tubérculo	CPT	Blanco amarillento	1	7,1
		Amarillo pálido	2	14,3
		Amarillo	5	35,7

		Amarillo naranja	1	7,1
		Rojo grisáceo oscuro	2	14,3
		Púrpura grisácea	2	14,3
		Negro	1	7,1
Color secundario de tubérculo	CST	Ausente	1	7,1
		Amarillo	3	21,4
		Rojo	2	14,3
		Rojo grisáceo	3	21,4
		Púrpura oscura	5	35,7
Distribución de color secundario	DCT	Ausente	1	7,1
		Ojos	4	28,6
		Ojos y bandas irregulares sobre tuberizaciones	5	35,7
		Ojos y puntos densos irregularmente distribuidos	1	7,1
		Ojos y manchas irregularmente distribuidos	3	21,4

Los datos de color predominante de tubérculo son de gran importancia para un buen análisis, en la Tabla 8 se observa que las muestras que presenta color amarillo (35.75%) son predominantes, seguido de las muestras con el color amarillo pálido (14.3%), rojo grisáceo oscuro (14.3%) y púrpura grisácea (14.3%), y las muestras con tubérculos blanco amarillento (7.1%) amarillo naranja (7.1%) y negro (7.1%) se observaron en menor frecuencia.

En la Tabla 8 se observa que el 14.3% de las muestras analizadas mostraron ausencia de color secundario, en la misma proporción se presenta el color rojo distribuido como color secundario en sus tubérculos, la muestras que registraron color amarillo y rojo tienden a 21.4% y las muestras con mayor frecuencia tienen el color purpura oscura (35.7%) como color secundario en su piel.

La distribución de los colores secundarios en la piel de tubérculo se detalla en la Tabla 8, se observa que un 35.7%, de las muestras presentan los colores en los ojos y bandas irregulares sobre tuberizaciones, el 28.6% presenta color secundario específicamente en

los ojos seguidas de un 21.4% que presentan colores en los ojos y manchas irregularmente distribuidos y en menor frecuencia (7,1%) se observó colores secundarios en ojos y puntos densos irregularmente distribuidos.

Con respecto a estas variables, diferentes investigaciones manifiestan mayor población de tubérculos de tonos claros, Mamani (2018), describe que el 50% de sus accesiones en investigación son de color amarillo seguido de amarillo pálido, los colores secundarios predominantes son rojo y purpura con un 16.7% y las mismas se ven distribuidas con mayor proporción en ojos y bandas irregulares sobre tuberizaciones (33%) y específicamente en los ojos (33 %)

Tabla 9. Frecuencias relativas y absolutas de variables cualitativas de Color predominante de pulpa (CPP), Color secundario de pulpa (CSP) y Distribución de color secundario de pulpa (DCP) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca.

variable		Estados	Frecuencia	Porcentaje
Color predominante de pulpa	CPP	Blanco	5	35.7
		Blanco amarillento	6	42.9
		amarillo	2	14.3
		Púrpura	1	7,1
Color secundario de pulpa	CSP	Ausente	1	7,1
		Blanco	5	35,7
		Amarillo	4	28,6
		Rojo grisáceo	3	21,4
		Púrpura oscura	1	7,1
Distribución de color secundario	DCP	Ausente	1	7,1
		Médula	5	35,7
		Anillo vascular	3	21,4
		Zona cortical	5	35,7

Las muestras analizadas de color predomínate de la pulpa mostraron con mayor frecuencia el color blanco amarillento con 42.9%, seguidas de color blanco con 37.5%, las muestras

con pulpa predominantes de color amarillo representan el 14.3% y solo un 7% presenta el color purpura en la pulpa de sus tubérculos. (Tabla 9)

En la Tabla 9 se observa que el 7.1% carece de color secundario en la pulpa del tubérculo, el resto de las accesiones mostraron tubérculos con pulpa blanca (35%), pulpa de color amarillo (28.6%), pulpa de color rojo grisáceo (21.4%) y pulpa de color purpura oscura (7.1%).

La distribución de los colores secundarios de la pulpa se detalla en la Tabla 9, se observa con mayor frecuencia la distribución de color secundario en la medula y la zona cortical con 35.7% respectivamente, y se registró distribución en el anillo vascular con un 21.4%.

Trabajos de caracterización muestran mayor cantidad de tubérculos de tonos claros según Mendoza (2022), el color predominante de la pulpa, en un 40% es color amarillo claro seguido de color blanco (20%), asimismo el color secundario que frecuentemente se muestra es en amarillo (50%), distribuidos en zona cortical (40%), Mamani (2018), manifiesta que en sus accesiones existe con frecuencia el color blanco como colores secundarios de la pulpa las mismas son distribuidas en anillo vascular (33.3%).

Tabla 10. Frecuencias relativas y absolutas de variables cualitativas de Forma de tubérculo, (FT), Profundidad de ojos (PY) y Tolerancia a helada (TH) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca.

variable		Estados	Frecuencia	Porcentaje
Forma de tubérculo	FT	Cónico	8	57,1
		Cónico alargado	6	42,9
Profundidad de ojos	PY	Semiprofundo	7	50,0
		Profundos y tuberosados	6	42,9
		Muy profundos y tuberosados	1	7,1
Tolerancia a helada	TH	Malo	2	14,3
		Regular	6	42,9
		Bueno	6	42,9

De acuerdo con la Tabla 10 las muestras analizadas presentan con mayor frecuencia tubérculos cónicos (57.1%) y el 42.9% presenta tubérculos de forma cónico alargada. Los datos son similares a los que presentó Mendoza (2022), cónico (60%) y cónico alargado accesiones (40%).

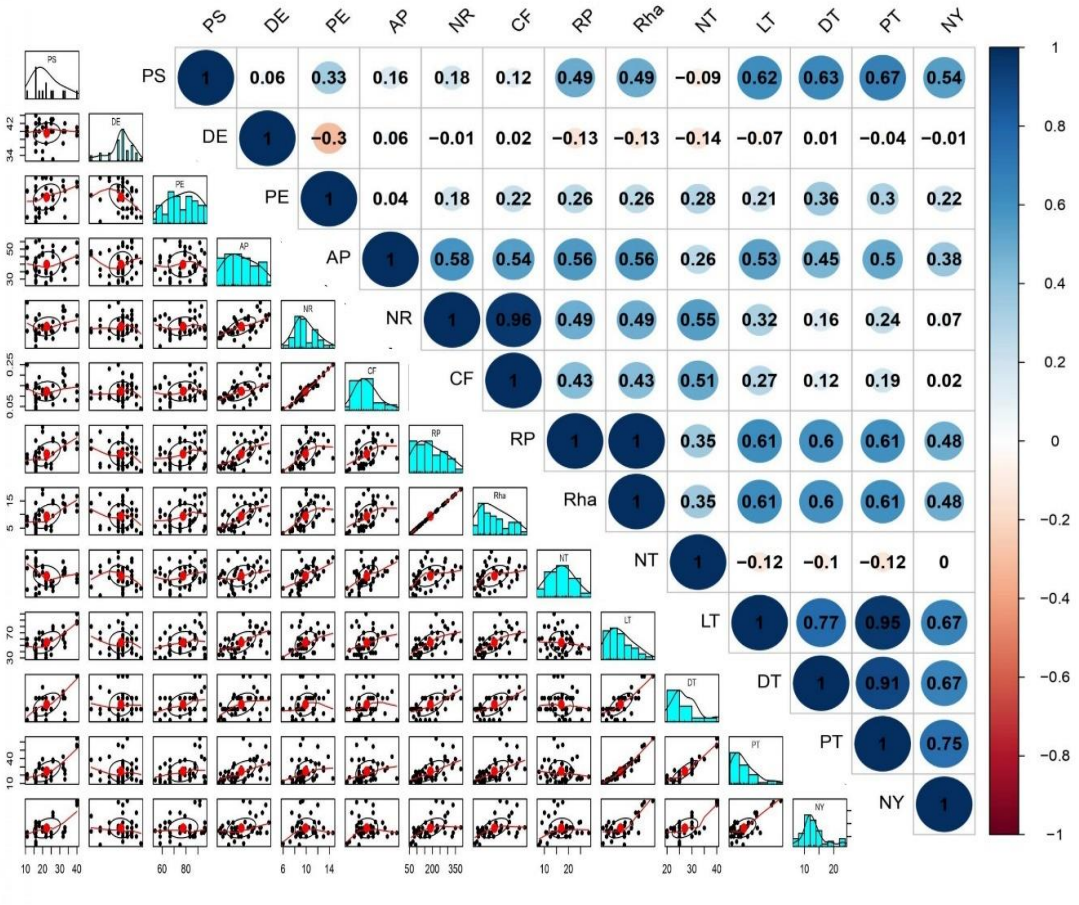
En la presente investigación, las muestras caracterizadas presentan en un 50% ojos (yemas) semiprofundos, el 42.9% presenta sus ojos profundos y tuberosos y solo un porcentaje de 7.1% presenta los ojos muy profundos en sus tubérculos (Tabla 10). Según Mamani (2018), en su investigación describe que el 50% presenta ojos profundos , 33.3% tiene ojos semiprofundos y un 16.7% presentas ojos muy profundos.

En la Tabla 10 se observa que un 42.9% de las muestras presentaron una buena tolerancia a la helada, y otras 42.9% de manera regular, solo el 14.3% se ve afectado por las bajas temperaturas.

4.4. Análisis de correlación.

El análisis de correlación de Pearson es una técnica estadística utilizada para medir relación lineal entre dos variables cuantitativas registradas de las 14 accesiones de isaño, los resultados de la matriz de correlación (Tabla 11) está conformada por variables cuantitativas, el coeficiente de correlación es representada por la letra r y puede expresar valores de -1 a 1, si la el coeficiente r es cercana 1 denota una relación positiva (directa y proporcional) si el coeficiente r es cercana a -1 la correlación es negativa (inversa y significativa).

Tabla 11. Análisis de los resultados de correlación de Pearson para variables cuantitativas Peso de semilla (PS), Días de emergencia (DE), Porcentaje de emergencia (PE), Altura de planta (AP), Numero de ramas (NR), Cobertura foliar (CF), Rendimiento por hectárea (Rha), Numero de tubérculos (NT), Longitud de tubérculos (LT), Diámetro de tubérculo (DT), peso de tubérculo (PT) y Numero de yemas (NY) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca



Entre las variables cuantitativas dispuestas en el Tabla 11 se muestra que la variable peso de semilla presenta correlaciones significativas (0.01) con un nivel de confianza de 99% con las variables rendimiento por hectárea (r=0.49), longitud de tubérculo (r = 0.616), diámetro de tubérculo (r = 0.630), peso de tubérculo (06.72), y Numero de yemas (r = 5.45), lo que permite deducir que la estabilidad y equilibrio de la semilla influirá en el comportamiento y desarrollo de los diferentes órganos de la planta, una buena semilla producirá tubérculos de calidad y buen rendimiento.

Los resultados presentados en la matriz de correlaciones muestran que la altura de planta, formó asociaciones altamente significativas (0.01) con las variables número de ramas (r = 0.581) cobertura foliar (r = 0.544) y rendimiento (r = 0.563), asimismo la variable número de ramas muestra correlación con cobertura foliar (r = 0.95), rendimiento (r = 0.48) y numero

de tubérculos (r = 0.54), estos resultados muestran un relación directa y positiva entre estas variables, por consiguiente, las plantas con altura predomínate tienden a mayor número de ramas, una cobertura foliar amplia y rendimientos sobresalientes.

El rendimiento por hectárea muestra relación con longitud de tubérculo (r = 0.611), diámetro de tubérculo (r = 0.596) y peso de tubérculo (r=0.606), a lo que se deduce que en un buen rendimiento implica tubérculos de mayor tamaño.

Los datos son similares a lo que describe Mamani (2018), existe una relación positiva de longitud de ramas, numero de ramas, longitud de tubérculo, diámetro de tubérculo y rendimiento

4.5. Prueba de independencia

Es un análisis estadístico que se utilizó para determinar si las variables cualitativas están relacionadas entre sí, para este fin es común usar la prueba de chi cuadrado y analizar la tabla de contingencia.

Tabla 12. Tabla de contingencia de Tipo de planta (TP), Color primario de tubérculo (CPP), Forma de tubérculo (FT) y Tolerancia a helada (TH) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca.

		Tipo de planta		
		Semierecta	Dispersa	
Color primario*	Blanco amarillento	0,00%	7,10%	7,10%
	Amarrillo Pálido	14,30%	0,00%	14,30%
	Amarillo	21,40%	14,30%	35,70%
	Amarillo anaranjado	7,10%	0,00%	7,10%
	Rojo grisáceo oscuro	14,30%	0,00%	14,3%
	Purpura grisácea	7,10%	7,10%	14,30%
	Negro	0,00%	7,10%	7,10%
Total		64,30%	35,7%	100%

Tolerancia a helada**	Malo	14,30%	0,00%	14,30%
	Regular	35,70%	7,10%	42,90%
	Buena	14,30%	28,60%	42,9
Total		64,30%	35,70%	100%
Forma de tubérculo***	Cónico	57,60%	0.0%	57,10%
	Cónico alargado	7,10%	35,70%	42,90%
Total		64,30%	35,70%	100,00%

*Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0.003
**Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0.001
***Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia $2.4*10^{-8}$

Como el valor de significancia 0.003, 0.001 y $2.4*10^{-8} < 0.05$ se entiende que existe una dependencia de tipo de planta con color primario de tubérculo, tolerancia a helada y forma de tubérculo y según Tabla 12 los colores de tubérculo amarrillo pálido (14.3%), amarillo (21.4%), amarrillo anaranjado (7.1%) y rojo grisácea (14.3%) tienen su follaje simierecta en un mayor porcentaje, mientras los tubérculos de color blanco amarillento (7.1%), purpura grisácea (7.1%) y negro (7.1%) tienen gran probabilidad de tener follajes de tipo disperso, asimismo los datos indica que las plantas semierectas, en un 14.3% tuvieron una mala tolerancia a la helada, 35.7% una tolerancia regular y en 14.30% una buena resistencia a la helada, mientras que las plantas de tipo dispersa el 7.1% resistió de forma regular y el 28.6% una buena resistencia a la helada. Según Arcos *et al.* (2020), existe dependencia de tipo de planta con forma de tubérculo y color de tubérculos según sus datos las plantas de isaño tipo disperso produce tubérculos de forma cónico alargados.

Tabla 13. Tabla de contingencia de Color de hoja (CH), Color de tallo (CT), Color primario de tubérculo (CPT) y Color secundario de tubérculo (CST) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca.

		Color de hoja			Total
		Verde amarillento	Verde	Verde oscuro	
Color de tallo***	Verde	0,0%	7,1%	7,1%	14,3%
	Verde pigmentado	0,0%	28,6%	0,0%	28,6%
	Rojo grisáceo	7,1%	14,3%	0,0%	21,4%
	Purpura grisácea	0,0%	7,1%	28,6%	35,7%

Total		7,1%	57,1%	35,7%	100,0%
Color primario**	Blanco amarillento	7,1%	0,0%	0,0%	7,1%
	Amarrillo Pálido	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%
	Amarillo	0,0%	28,6%	7,1%	35,7%
	Amarillo anaranjado	0,0%	7,1%	0,0%	7,1%
	Rojo grisáceo oscuro	0,0%	0,0%	14,3%	14,3%
	Purpura grisácea	0,0%	7,1%	7,1%	14,3%
	Negro	0,0%	0,0%	7,1%	7,1%
Total		7,1%	57,1%	35,7%	100,0%
Color secundario*	Ausencia	0,0%	0,0%	7,1%	7,1%
	Amarillo	0,0%	0,0%	21,4%	21,4%
	Rojo	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%
	Rojo grisáceo	0,0%	14,3%	7,1%	21,4%
	Purpura oscuro	7,1%	28,6%	0,0%	35,7%
Total		7,1%	57,1%	35,7%	100,0%
Color primario de pulpa*	Blanco	0,00%	21,40%	21,40%	42,90%
	Blanco amarillento	7,10%	14,30%	7,10%	28,60%
	Amarillo	0,00%	21,40%	0,00%	21,40%
	purpura	0,00%	0,00%	7,10%	7,10%
total		7,10%	57,10%	35,70%	100,00%
Color secundario de pulpa***	Ausente	0,00%	7,10%	0,00%	7,10%
	Blanco	7,10%	21,40%	7,10%	35,70%
	Amarillo	0.00%	21,40%	7,10%	28,60%
	Rojo grisáceo	0,00%	0,00%	21,40%	21,40%
	Purpura oscura	0,00%	7,10%	0,00%	7,10%
Total		7,10%	57,10%	35,70%	100,00%

*Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia ≈0.003
**Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia $1.5*10^{-9}$
***Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0.00005

Observando las características de los tubérculos existe una dependencia de las variables mencionadas con una significancia de 0.003, $1.5*10^{-9}$ y 0.00005< 0.05, y según la Tabla de contingencia se aprecia que los tallos en sus diferentes colores tienen en mayor porcentaje (57.1%) de sus hojas el color verde a excepción de tallos purpura grisácea que se caracteriza por poseer hojas de color verde oscuro (28.6%). (Tabla 13)

El color principal de los tubérculos amarillo pálido (14.30%), amarillo, (28.6%) amarillo anaranjado (7.1%) tienen alto porcentaje de tener hojas verdes y los tubérculos de color

negro (7.1%), purpura grisácea (7.1%) generalmente tienen hojas verdes oscuro y con base a los datos de color secundario (rojo, rojo grisáceo y purpura grisácea) el 57.1% tienen hojas verdes y el 35.7% se observa con hojas verde oscuras (Tabla 13).

Analizando el color principal de la pulpa se observa que los colores blancos, blanco amarillento y amarillo tienen hojas de color verde en un 57%, y un 35% (blanco, blanco amarillento y purpura) tiene hojas verde oscuras, asimismo se observa que los colores secundarios blanco (21.4%), amarillo (21.4%) y purpura oscura (7.10) tienen hojas verdes y en un mayor porcentaje color rojo grisácea (21%) tiene hojas verde oscuras. (Mendoza, 2022) describe que el color de follaje forma dependencias con color secundario de tubérculo y distribución de color secundario. Según Mendoza (2022), las plantas de isaño con follaje verde oscuro, producirán tubérculos con color secundario de pulpa distribuidos en la zona cortical, con color secundario de la piel de tubérculo entre rojo a rojo grisáceo.

Tabla 14. Tabla de contingencia de Color de tallo (CT), Tolerancia a helada (TH), Profundidad de yemas (PY) y Numero de lóbulos (NL) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

		Color de tallo				Total
		Verde	Verde pigmentado	Rojo grisáceo	Purpura grisácea	
Tolerancia a helada*	Malo	7,10%	0,00%	7,10%	0,00%	14,30%
	Regular	7,10%	7,10%	14,30%	14,30%	42,90%
	Bueno	0,00%	21,40%	0,00%	21,40%	42,90%
Total		14,30%	28,60%	21,40%	35,70%	100,00%
Profundidad de yemas**	Semi profundo	14,30%	7,10%	0,00%	28,60%	50,00%
	Profundos y tuberosos	0,00%	14,30%	21,40%	7,10%	42,90%
	Muy profundos y tuberosos	0,00%	7,10%	0,00%	0,00%	7,10%
Total		14,30%	28,60%	21,40%	35,70%	100,00%
Numero de lóbulos***	Tripeltada	7,10%	21,40%	0,00%	7,10%	35,70%
	Pentapeltada	0,00%	0,00%	14,30%	7,10%	21,40%
	Tri Pentapeltada	7,10%	7,10%	7,10%	21,40%	42,90%

Total	14,30%	28,60%	21,40%	35,70%	100,00%

*Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0.001
**Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0.00003
***Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0.0004

El Tabla 14 muestra una dependencia entre las variables color de tallo con tolerancia a helada, profundidad de yemas y numero de lóbulos con una significancia de 0.0001, 0.000003 y 0.0004 < 0.05, también es posible apreciar el color de tallo purpura grisácea (21.4%) y verde pigmentada (21.40%) tienen un buena tolerancia a la helada, los tallos de color verde y rojo grisácea tuvieron una resistencia mala en un porcentaje de 7.1%, también es posible apreciar la relación con profundidad de yemas, los tallos purpura grisácea y verde generalmente tiene en mayor porcentaje (50.0%) tubérculos de yemas semiprofundos, los tallos de color rojo grisácea y verde pigmentada tienden a tener tubérculos de yemas profundos y tuberosos y solo una minoría de tallos verde pigmentadas posee tubérculos de yemas muy profundos. Asimismo, las hojas tri pentapeltadas (42.9%), se aprecia en todos los colores de tallos, las hojas pentapeltadas generalmente tienen tallos rojos grisácea (14.30%), y los tallos verdes pigmentadas poseen en una gran proporción (21.4%) hojas tripeltadas. Según Mendoza (2022), el color de tallo formo dependencias con color secundario de la pulpa y distribución del color secundario de la pulpa de tubérculo, lo que significa que Las plantas de isaño con tallos purpura grisáceos, presentaran colores amarillos como colores secundarios de la pulpa, distribuidos en la zona cortical de los tubérculos.

Tabla 15. Tabla de contingencia de Forma de tubérculo (FT), Profundidad de yemas (PY) y Tolerancia a helada (TH) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

		Forma de tubérculo		Total
		Cónico	Cónico alargado	
Profundidad de yemas*	Semi profundo	35,70%	14,30%	50,00%
	Profundos y tuberosos	21,40%	21,40%	42,90%
	Muy profundos y tuberosos	0,00%	7,10%	7,10%

Total		57,10%	42,90%	100,00%
	Malo	14,30%	0,00%	14,30%
Tolerancia a helada**	Regular	28,60%	14,30%	42,90%
	Bueno	14,30%	28,60%	42,90%
Total		57,10%	42,90%	100,00%

*Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0.0047
**Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0.009

El análisis de prueba de independencia de forma de tubérculo con profundidad de yemas y tolerancia a helada denota una relación con una significancia de 0.0047 < 0.05, y 0.009 <0.05 respectivamente, según Tabla 15 los tubérculos de forma cónica tienen yemas semiprofundas (35.7%) y profundos tuberosos (24.40%), y los tubérculos de forma cónica alargado presentan yemas semiprofundas (14.30%), profundas tuberosas (21.40%) y muy profundas (7.10%). En cuanto a la relación con tolerancia a la helada de deduce que los tubérculos de forma cónica alargada presentaron una resistencia regular (14.3%) y buena (28.6%) a las bajas temperaturas y los tubérculos de forma cónica presentaron resistencia a la helada en diferentes niveles, mala 14.30%, regular 28,60% y buena 14.30%.

4.6. Análisis multidimensional

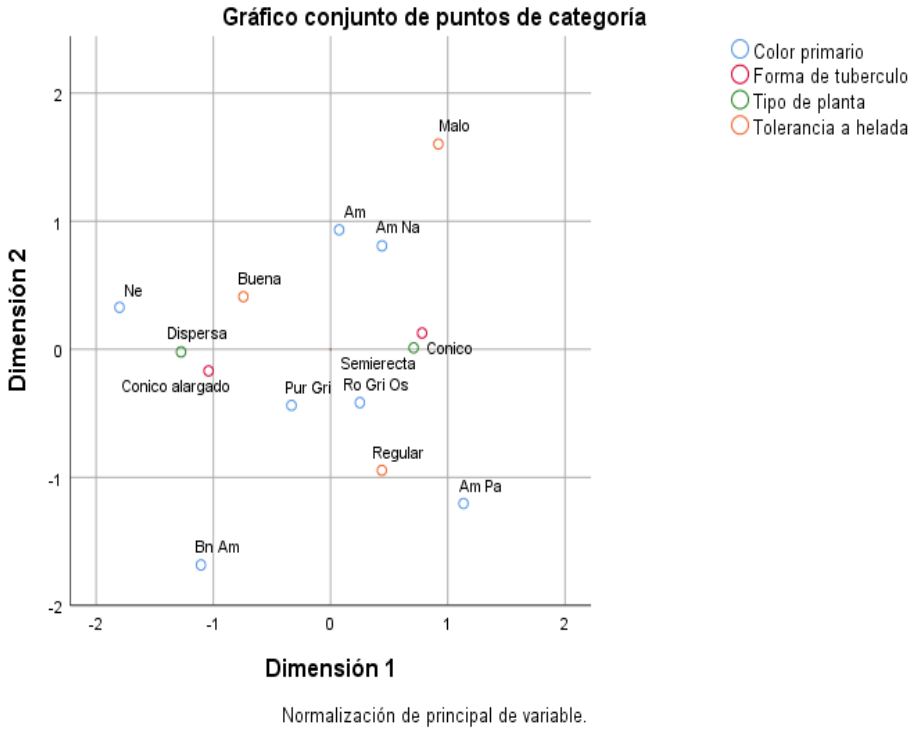


Figura 4. Proyección bidimensional de variable cualitativas de Tipo de planta (TP), Color primario de tubérculo (CPT), Forma de tubérculo (FT) y Tolerancia a helada evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca.

La representación gráfica de variables cualitativas de color primario de tubérculo, forma de tubérculo, tipo de planta y tolerancia a helada se muestra en el Figura 4 donde se visualizan varias asociaciones, una primera agrupación se observa tubérculos de color purpura grisácea y negro, forma de tubérculo cónico, tipo de planta dispersa y buena resistencia a las heladas, los resultados obtenidos indican que este grupo se caracteriza por tener una buena resistencia a las heladas, asimismo se aprecia otro grupo importante de tubérculos de tipo cónico de color rojo grisácea oscuro, amarrillo pálido y blanco amarillento, plantas de tipo semirrecta, la característica de este grupo es la resistencia a la helada de forma regular y en el último grupo se observa las plantas con tubérculos de color amarillo y amarillo anaranjado que son susceptibles a las heladas.

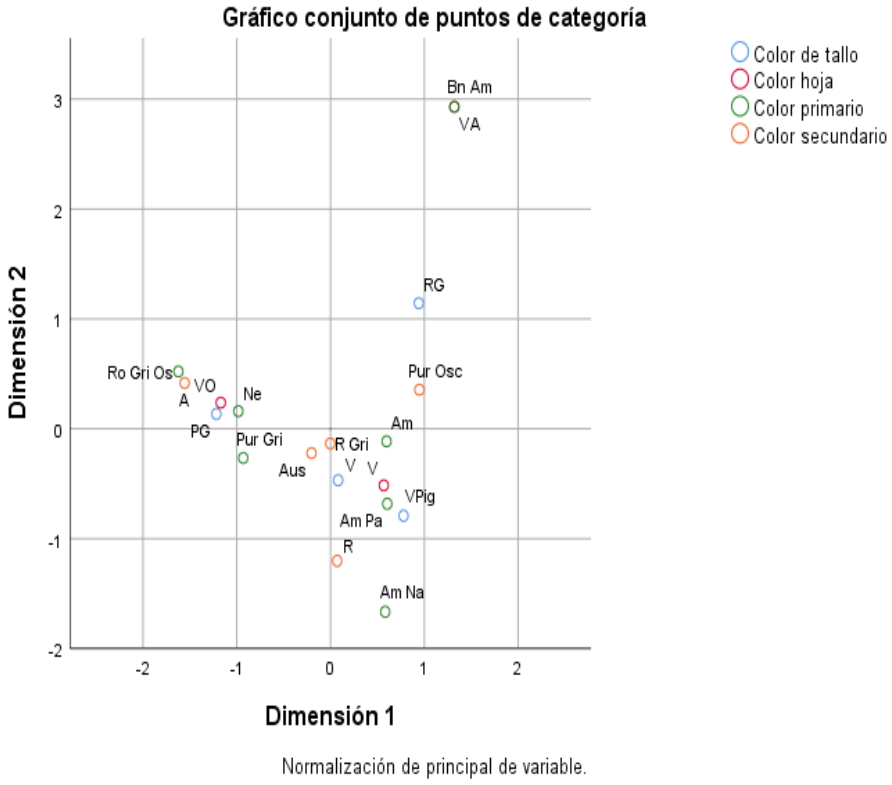


Figura 5. Proyección bidimensional de variable cualitativas de Color de tallo (CT), color de hoja (CH), Color primario de tubérculo (CPT) y Color secundario de tubérculo (CST) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

Análisis multivariado muestra diferentes asociaciones entre variables cualitativas, en una agrupación se observa que las plantas de color de hoja verde oscuro tienden a tener tallos de color purpura grisácea con tubérculos de color rojo grisácea oscuro, purpura grisácea y negro combinadas con color amarillo, otra observación que se distingue es la relación de plantas de hojas verde con las que poseen tallos de color verde y verde pigmentada las misma producen tubérculos amarillos, amarillo pálido y amarillo anaranjado combinadas con rojo, rojo grisáceo y purpura oscura, las plantas de hojas amarillentas generalmente tienen tubérculos blanco amarillentos. (Figura 5)

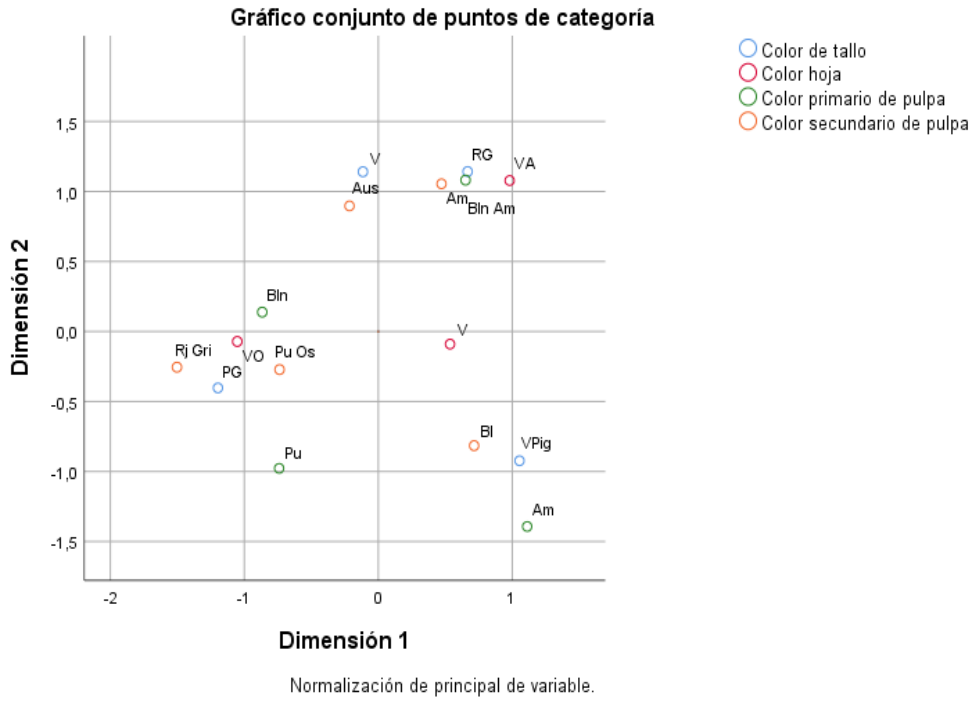


Figura 6. Proyección bidimensional de variable cualitativas de Color de tallo (CT), Color de hoja (CH), Color primario de pulpa de tubérculo (CPP) y Color secundario de pulpa de tubérculo (CSP) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

Las variables que aportan en la formación de la Figura 6 son color de tallos, color de hoja, color primario de pulpa de tubérculo y color secundario de la pulpa de tubérculo, las variables situadas en la parte superior del grafico forman un grupo que asocia a plantas de color de tallo rojo grisácea con hojas de color verde amarillento que tienden a tener tubérculos de la pulpa blanco amarillento combinadas con amarrillo, otra agrupación presente es de las plantas de tallos purpura grisácea con hojas verde oscuras, se deduce que generalmente tienen tubérculos de pulpa blanco y purpura combinadas con rojo grisácea y purpura oscuro, un tercer grupo de variable cualitativas se encuentra a la derecha de la Figura que asocia a tallos verde pigmentadas con hojas de color verde que poseen pulpas de color amarillo combinadas con color blanco.

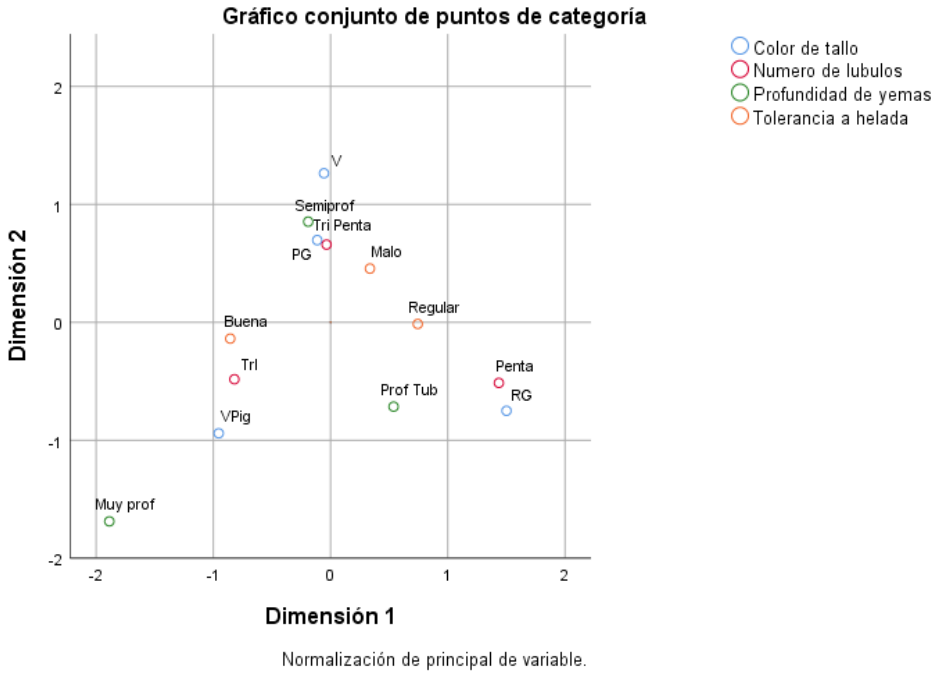


Figura 7. Proyección bidimensional de variable cualitativas de Color de tallo (CT), Numero de lóbulos (NL), Profundidad de yemas (PY) y Tolerancia a heladas (TH), evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

Los resultados de la Figura 7 muestran la existencia de diferentes asociaciones de dichas variables un primer grupo observado en la parte superior se caracteriza plantas de tallos verdes y purpura grisáceas con hojas tri pentapeltadas tienen una mala resistencia a la helada y una producción de tubérculos con yemas semiprofundas, el segundo grupo conformado de tallos verde pigmentada y hojas tripeltadas poseen una buena resistencia a la helada y producen tubérculos de yemas muy profundas y como el último grupo se encuentran asociadas las plantas de tallos rojo grisácea con hojas pentapeltadas que presentan una resistencia regular a las heladas y tubérculos de yemas semiprofundas.

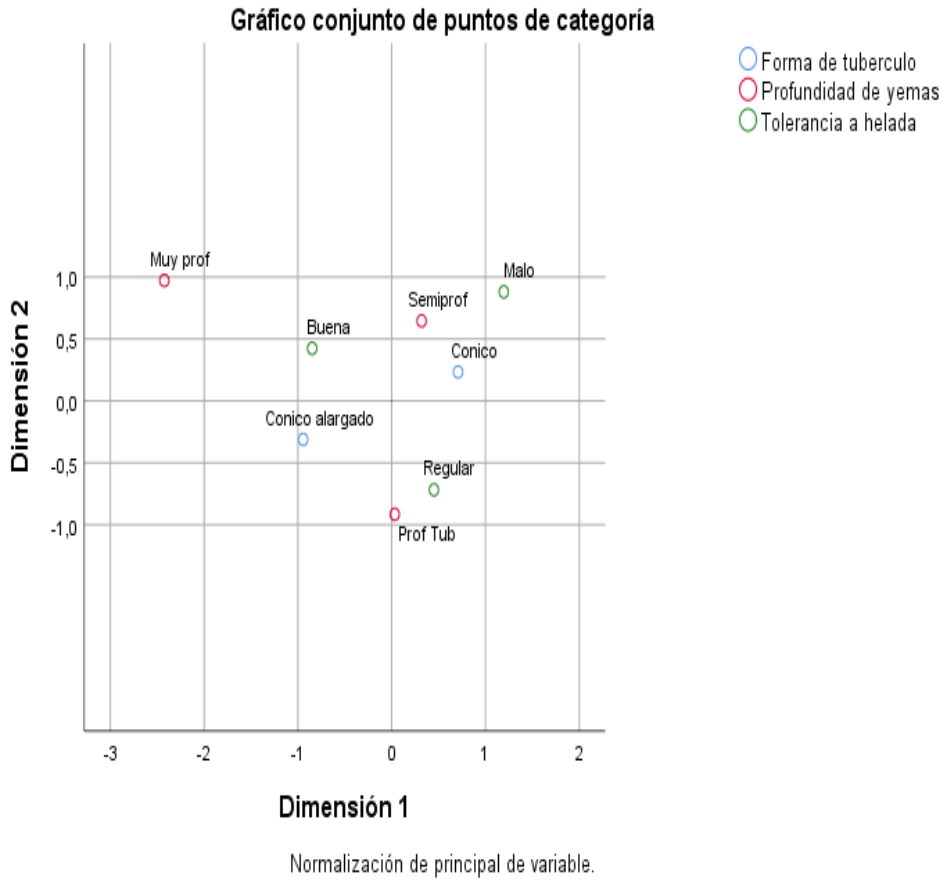


Figura 8. Proyección bidimensional de variable cualitativas de Forma de tubérculo (FT), Profundidad de yemas (PY) y Tolerancia a heladas (TH) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

La interrelación de las variables cualitativas de estudio (Figura 8) muestra en la parte izquierda, una asociación de plantas con una buena resistencia a la helada que producen por lo general tubérculos cónico alargado con yemas muy profundos, adicionalmente se observa tubérculos tipo cónicos con yemas semiprofundas resultados de plantas con una mala resistencia a heladas y el último grupo asocia plantas con resistencia regular a la helada tienden a producir tubérculos tipo cónicos, cónico alargados con yemas profundas y tuberosas.

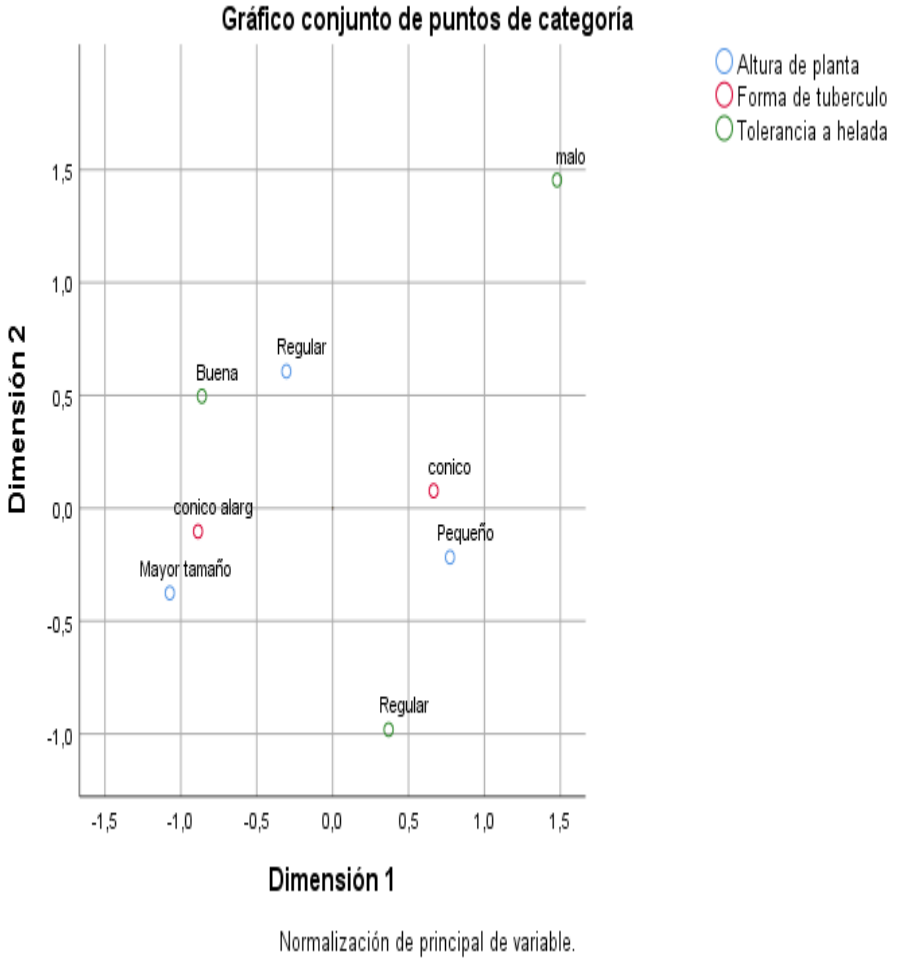


Figura 9. Proyección bidimensional de variable Altura de planta (AP) Forma del tubérculo (FT) Tolerancia a helada (TH), evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

Según la Figura 9 se muestra diferentes asociaciones de altura de planta, forma de tubérculo y tolerancia a helada, en una primera agrupación se apreciar a las plantas que tuvieron una buena tolerancia a la helada por lo general tienen una altura regular y mayor tamaño con producción de tubérculos cónico alargados, la siguiente agrupación muestra a las plantas de resistencia regular y mala que tienen ramas de porte pequeño con tubérculos cónicos.

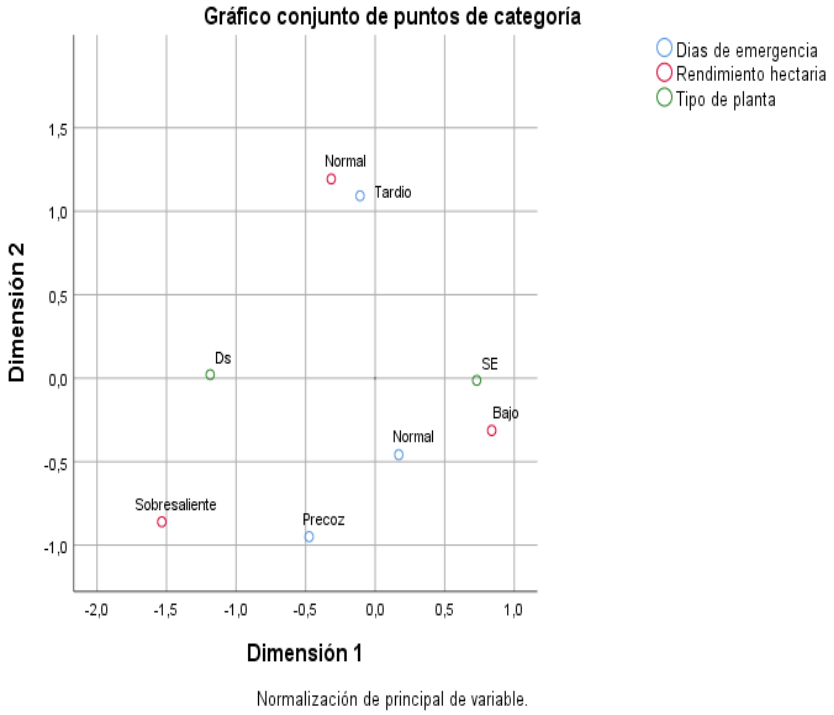


Figura 10. Proyección bidimensional de variables Días de emergencia (DE), Rendimiento por hectárea (Rha) y Tipo de planta (TP), evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

Las variables, días de emergencia, rendimiento por hectárea y tipo de planta (Figura 10) forman diferentes asociaciones, en la parte superior se aprecia a las plantas de emergencia tardía que tienen un rendimiento normal y presenta los dos tipos de planta (dispersa y semierecta), asimismo existe plantas precoces dispersas que tienen de buen rendimiento y plantas de emergencia normal semierectas con rendimientos bajos.

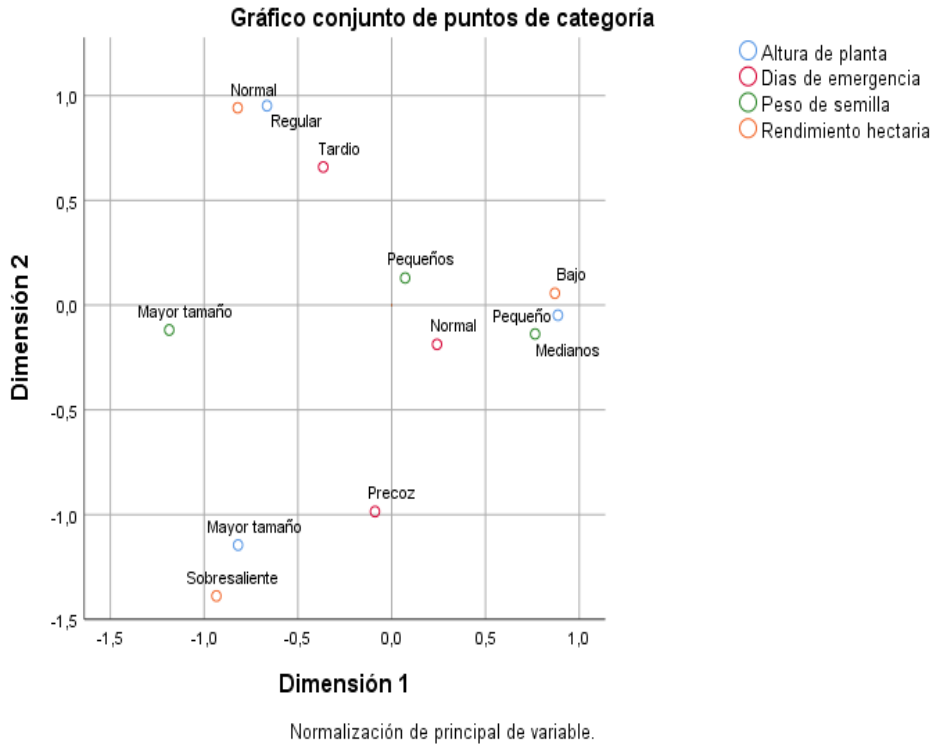


Figura 11. Proyección bidimensional de variable Altura de planta (AP), Días de emergencia (DE), Peso de semilla (PS) y Rendimiento por hectárea (FT) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

Los resultados de la Figura 11 muestran diferentes asociaciones de las variables expuestas un primer grupo observado en la parte superior se caracteriza por plantas de tamaño regular que emergieron tardíamente, presentan semillas pequeñas y de mayor tamaño y tienen una producción normal, el segundo grupo conformado de plantas de mayor tamaño poseen un buen rendimiento presentan semillas de mayor tamaño y de emergencia precoz y como el último grupo se encuentran asociadas las plantas pequeñas con rendimientos bajos estos presentaron semillas medianas de emergencia normal.

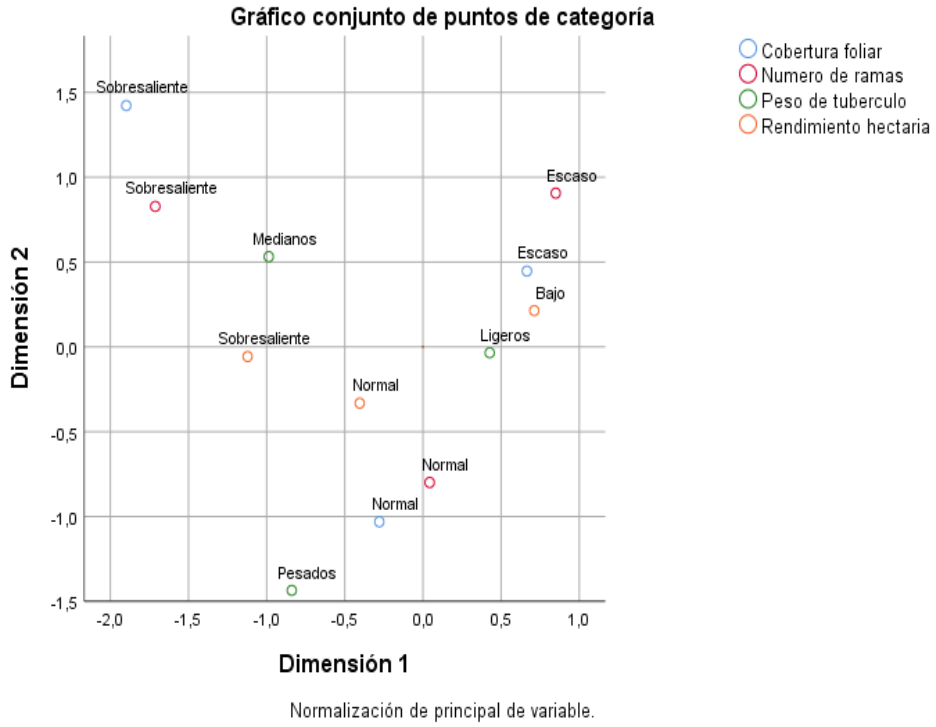


Figura 12. Proyección bidimensional de variable Cobertura foliar (AP), Numero de ramas (NR), Peso del tubérculo (PT) y Rendimiento por hectárea (Rha) evaluadas en las 14 accesiones de isaño en la campaña agrícola 2022-2023 en la estación experimental de Kallutaca

Un análisis multidimensional de las variables descritas presenta tres asociaciones. En primer grupo se tiene las plantas de mayor rendimiento que se caracteriza por tener una cobertura foliar y numero de ramas sobresalientes con una producción de tubérculos medianos, otro grupo está formado por plantas de rendimientos normales que se caracteriza por una cobertura foliar y numero de ramas normales con una producción de tubérculos de mayor tamaño y como ultimo asociación se tiene a las plantas de bajo rendimiento que se caracteriza por tener cobertura foliar y numero de ramas escasos y tubérculos de pequeños.

5. CONCLUSIONES

A partir de la evaluación de la interacción de factores agro-morfológicas en 210 planta de 14 diferentes accesiones distribuidas en tres bloques se pueden concluir que:

De acuerdo a las características agronómicas expuestas en el trabajo de investigación de evidencio que las 14 accesiones de isaño presentan variabilidad para la mayoría de sus variables cualitativas y cuantitativas, esta variación puede ser atribuida a factores físicos, medioambientales, características edafológicas y principalmente a factores genéticos.

El análisis descriptivo y la distribución de frecuencias, permitió describir el comportamiento agronómico y morfológico de las accesiones de isaño estableciendo la diferencia que existe en los días de emergencia de 33 a 44 días, altura de planta (26 a 56 cm), cobertura foliar, rendimiento de 3.07 a 19.6 t/ha, tamaño de tubérculos que varían de 3 a 10 cm y la resistencia que presentan a factores físicos como la helada son características que presentan cada una de las accesiones en estudio.

Análisis de correlación con una significancia de 0.01, permitió evidenciar la influencia (r = 0.65) que existe de las variables, peso la semilla, altura de planta y cobertura foliar en el rendimiento y tamaño de tubérculos. Según análisis bidimensional se evidencia que los tubérculos de tonos oscuros son más resistentes a las heladas y de mayor producción.

Análisis de frecuencias muestra la caracterización de los tubérculos que establece que las accesiones de isaño muestran variabilidad en cuanto al hábito de crecimiento estableciendo la semirastrera como el más común, color de tallos y hojas verdes, caracterizadas por hojas tri penta peltadas, amarillo, purpura y rojo grisáceo son frecuentes en color de tubérculos, forma de tubérculo predomínate son cónicos y en la mayoría de las accesiones tiene una buena tolerancia a las heladas

Una alta incidencia de factores físicos (helada, sequía y granizada) y una mala calidad semilla influyen en el desarrollo de la planta, la sequía afecta de diferente manera a la planta según su fase fenológica, la granizada provoca desgarros y desprendimientos de las hojas provocando disminución de capacidad fotosintética, la helada es un factor que perjudica de gran manera para producción de tubérculos causando necrosis en las hojas y afectando en el rendimiento y calidad de los tubérculos, para tener éxito en el cultivo es de gran

importancia elegir las accesiones resistentes a factores físicos, adaptabilidad climática, ciclo de cultivo, crecimiento, calidad de tubérculos y realizar las labores culturales correspondientes a su debido tiempo.

En base a su producción las accesiones 003, 004, 007 y 022, tienen los mejores rendimientos por encima de los 16 t/ha seguidas de las accesiones 008, 017, 018, 019 y 021 con un rendimiento que promedia los 8 t/ha y las accesiones 005, 009, 016 y 020 son las de menor rendimiento con un promedio de 4 t/ha.

6. RECOMENDACIONES

Realizar ensayos con las accesiones en diferentes lugares del altiplano para determinar con precisión su potencial genético respecto a variables de rendimiento y tolerancia a fenómenos físicos y aprovechar las accesiones promisorias identificadas para futuros trabajos de investigación.

Fomentar y facilitar el acceso al uso del material genético para los agricultores de acuerdo a su alcance económico y conocimiento de los tubérculos de isaño, para incentivar a la producción y aminorar la erosión genética.

Para continuar con la preservación de este cultivo, se recomienda investigaciones de análisis conjunto que explore las preferencias, utilidades y beneficios que puedan aportan a los consumidores. Esta información es de suma importancia para incentivar su conservación y evitar la pérdida de variabilidad genética.

Difundir la información recabada en el presente trabajo de investigación a todas las personas e instituciones mediante talleres, cursos, folletos y otros medios que se vean convenientes.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguado, Q. B. V. 2017. Influencia del tiempo de soleado sobre la concentración de azúcares reductores y capacidad antioxidante de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) ecotipo negra. Huancavelina, Peru. Universidad Nacional de Huancavelica.

Apaza, O. G. 2018. Caracterización de etno-variedades de isaño (*tropaeolum tuberosum* ruíz & pavón) y formación de semilla botánica en la comunidad de ticamori, municipio chuma. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 109 p.

Apaza, T. L. N.;Tena, P. V. y Paulina., B. B. 2020. Usos locales/tradicionales, metabolitos secundarios y actividades biológicas de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz y Pavón). (Ethnopharmalology).

Arcos, P. J. H.;Mamani, H. H.;Barreda, Q. W. L. y Chuquimama, V. H. 2020. Manejo integrado del cultivo de papa. Lima-Perú, (INIA-Instituto Nacional de Innovación Agraria).

Arteaga, D.;Chacón, C. L.;Samamé, H. V.;Valverde, C. D. y Paucar, M. L. M. 2022. Mashua (*tropaeolum tuberosum*): Composición nutricional, características químicas, compuestos bioactivos y propiedades beneficiosas para la salud. (Agroindustrial Science).

Aruquipa, R.;Rubén, T.;Bosque, H.;Mercado, G. y Condori, J. 2016. El Isaño (*Tropaeolum tuberosum*) un cultivo de consumo y medicina tradicional en Huatacana para el beneficio de la población boliviana. (Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales).

Ayala, G. 2007. Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. Lima-Perú. 101-112 p.

Baumung, R. y Diulgheroff, S. 2018. Indicadores de cultivos y ganado. (FAO).

Beltran, S. A. F. y Mera, P. J. G. 2014. Elaboración del tubérculo mashua (tropaeolum tuberosum) troceada en miel y determinación de la capacidad antioxidante. Guayaquil, Ecuador. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL 149 p.

Bocco, G.;Orozco, R.;Alvares, A.;Solis, B. y Dobler, C. 2021. El estudio del impacto de la sequía en pequeñas comunidades rurales de México. (Biblio3W).

Bosque, S. H. D.;Trigo, R. R.;Mercado, R. G. y Jacobsen, S. E. 2017. Estado de la conservación de raíces y tubérculos subutilizados en el departamento de la paz: racacha, yacón e isaño. (LATINCROP, La paz: IIAREN, Facultad de Agronomia,UMSA).

Bravo, H. R.;;, M. M. R. y Juan., Q. A. 2020. Heladas. Factores, tendencias y efectos en frutales y vides. (Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)).

Cardona, W. A.;Martínez, C. F. E. y Bolaños, B. M. M. 2021. Guía de Buenas Prácticas Agrícolas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, Mosquera-Colombia.

Carpio, J.;Apaza, J.;Calderón, A.;Cutipa, G.;Alcántara, A.;Velásquez, E.;Ramos, R.;Tapia, F.;De la Vega, E.;Coasaca, W.;Núñez, M.;Alanoca, V.;Chambilla, A.;Onofre, L.;Antezana, D.;Puma, J. y Tumi, E. 2016. Hojas, flores y raíces en la medicina tradicional para su validación científica. Altiplano. Puno, Perú. . 226 p.

Carrillo, C. J. F. y Yumbla, O. M. 2022. Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres cultivares de *Helianthus annuus* L. para flor de corte. (Siembra).

Casas, A. y Velásquez, D. 2016. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo, Erosión genética

Castañeta, G.;Miranda, F. D.;Marcelo, B. y Peñarrieta, J. M. 2024. Caracterización de carotenoides, análisis proximal, compuestos fenólicos, antocianidas y capacidad antioxidante de un tubérculo subutilizado (*Tropaeolum tuberosum*) de Bolivia.

Catalogue, B. 2015. Catálogo de las Plantas Vasculares de Bolivia. Disponible en http://legacy.tropicos.org/projectwebportal.aspx?pagename=Home&projectid=13&langid=66

Chacón, C. O. 2019. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de mashua (*Tropaeolum Tuberosum)* Cv. Yana Añu en la region Natural Suni – Cusco Arequipa-Perú. Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa.

Cherlinka, V. 2021. Temperatura del suelo para la siembra y el cultivo. (EOS DATA ANALYTICS).

Choquechambi, L. A.;Callisaya, I. R.;Alvaro;, R.;Hugo;, B.;Angel;, M. y Erik., J. S. 2019. Assessing the Nutritional Value of Root and Tuber Crops from Bolivia and Peru. (Foods).

CIP, I. P. C. 2017. Raices y Turculos Andinos. Disponible en https://cipotato.org/es/raices-y-tuberculos/oca-ulluco-y-mashua/

Coloma, A.;Flores, M. E.;Quille, C. A.;Zaira, C. A.;Apaza, T. J.;Calsina, P. W. C.;Huata, P. P.;Inquilla, M. J. y Félix., H. R. 2022. Characterization of Nutritional and Bioactive Compound in Three Genotypes of Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz and Pavón) from Different Agroecological Areas in Puno. (PubMed).

Dilas, J. J. O. y Ascurra, T. D. 2020. Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) cultivo subutilizado con alto potencial para zonas altoandinas en el Perú. (Revista de Investigacion Cientifica Alpha Centauri).

FAO. 2012. Segundo Plan De Acción Mundial Para Los Recursos Fitogenéticos Para La Alimentación Y La Agricultura Roma, Italia,

Flores, M. E.;Ticona, J. A.;Calsina, P. W. C., ;;Quille, C. G.;Félix;, H. R.;Alejandro;, C. P.;Juan;, I. M.;Percy;, H. P. y Zayra Churata Arturo. 2020. Conocimiento ancestral en la curación de la próstata a base de isaño (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón. Puno-Perú, 7-16 p. (IDESIA, Chile).

García, D. R. F.;Jiménez, L.;Bernal, P. S.;Robayo, Ó.;Daniela, C. M.;Sierra, F. M.;Camacho, P. A.;Vanegas, J.;Rincón, J. S. y Sicard, T. L. 2018. Tubérculos Andinos de Vuelta a Casa. UNIMINUTO., Bogotá, D.C, - Colombia.

García, M.;Alavi, G.;E;, Y.;Gilles, J.;Borda, A.;Rojas, K.;Poma, A. y M;, A. 2019. Tendencias percibidas y evaluadas del cambio en el inicio de la época de lluvias y de la presencia de heladas súbitas en el Altiplano Boliviano. (Ciencias En Dialogo).

Google Earth. 2023. El globo terráqueo más detallado del mundo. Disponible en https://www.google.com/intl/es-419/earth/

Guarachi, C. G. 2013. Evaluación técnica de aspersores caseros de baja presión en la estación experimental de kallutaca. La Paz, Bolivia. UPEA.

Gutiérrez, C. M. A. 2020. Gobierno Municipal de Tiahuanacu. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 91 p.

Guzmán, Q. R.;Iquize, V. E.;Mamani, C. W. y Hilari, N. I. R. 2021. Catálogo de accesiones de oca (*Oxalis Tuberosa Molina*) el isaño (*Tropaeolum Tuberosum* Ruiz & Pav) del Banco Nacional De Germoplasma De Bolivia. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Estado Plurinacional de Bolivia,

Hernández, V. A. E. 2013. Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. (BIO CIENCIAS).

INE. 2015. Censo Agropecuario 2013 bolivia.

INE. 2022. Superficie cultivada, por año agricola, segun cultivo, 1984-2022.

INIAF, I. N. d. I. A. y. F. 2021. Informe de gestión 2021.

Laura, G. J. C. 2021. Evaluación de la condición de las praderas nativas bajo el sistema tradicional de pastoreo en la comunidad Taypi Municipio Jesús De Machaca - La Paz. La Paz, Bolivia. UMSA.

Mamani, L. G. 2018. Caracterización agromorfológica en accesiones de isaño (*Tropaeolum Tuberosum* R) en la Estación Experimental De Patacamaya. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 96 p.

Mamani, S. B.;Chalco, V. y Murillo, G. R. 2018. Cosechando saberes agrícolas y cosmovisión de la comunidad Huatapampa y el Ayllu Indigena Originario Chichilaya del Municipio Tito Yupanqui. La Paz-Bolivia. UMSA.

Manrique, I.;Arbizu, C.;Vivanco, F.;Gonzales, R.;Ramírez, C.;Chávez, O.;Tay, D. y Ellis, D. 2014. *Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pav. Colección de germoplasma de mashua conservada en el Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima-Perú,

Martínez, J. P.;Karen;, F. y Ruiz, R. 2020. Importancia del control de variables ambientales en invernaderos para la producción de hortalizas. (Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)).

Mayta, C. F. 2019. Buena producción de cultivos gracias a las lluvias en el Altiplano. (Centro de Investigacion y Promocion Campesina CIPCA-Altiplano).

Mendoza, C. A. 2022. Pre-Mejoramiento de Papa y Tuberculos Menores En La Estacion Experimental de Kallutaca. El Alto-Bolivia. UPEA.

MIDAGRI, M. d. D. A. y. R. 2022. Anuario de producción agrícola nacional. Lima-Peru,

Ochoa, T. R. R. 2019. INVESTIGACIÓN CIENTIFICA: El proyecto de Investigación. La Paz-Bolivia, 282 p.

Olimpia, C. C. 2019. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de Mashua (*Tropaeolum Tuberosum*) Cv. Yana Añu En La Region Natural Suni – Cusco. Arequipa-Peru. Universidad Nacinal de San Agustin de Arequipa.

Ordoñez, L. M. 2020. Cultivo de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y sus Perspectivas de Procesamiento en Angaraes. Huancavelica - Perú. Universidad Para el Desarrollo Andino.

Paredes, A. J., Teonila. 2019. Manejo agronómico de *Tropaeolum tuberosum* L. (Mashua) en Rayambara de Santiago de Chuco, La Libertad. Trujillo-Peru. Universidad Nacional de Trujillo.

Peña, B. Z. Y. y Pabón, C. D. 2020. Climatología de las granizadas en Colombia. (Revista Colombiana de Geografía,).

Pezzola, N. A.;Casella, A. A.;Winschel, C. I.;Gattinoni, N. N.;Mezher, R. N.;Zura, G. D.;Ligherzzolo, A. y Daniel., P. P. 2023. Granizo en los partidos de Villarino y Patagones, Buenos Aires. (EEA Hilario Ascasubi, INTA).

Ponce, M. J. y Solarzano, C. J. G. 2024. Rendimiento de ocho accesiones de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavon) en la localidad de Paucartambo Pasco. Cerro de Pasco-Perú. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Quiñones, L. V. y Mendoza, G. J. C. 2022. Elaboración de mermelada de isaño negro (Tropaeolum tuberosum). CIPyCOS. Place Published, (1): 32-35.

Quispe, C.;Devaux, A.;Gonzales, S.;Tourneux, C. y Hijmans, R. 2016. Evaluación Comparativa del Desarrollo y Crecimiento de Papa, Oca e Isaño en Cochabamba-Bolivia. (Revista Latinoamericana de la Papa).

RJA-CSIC. 2015. El Banco de Germoplasma del Real Jardín Botánico, CSIC, al servicio de la conservación de nuestro futuro vegetal.

Ruiz, j. 2022. Guía para la siembra y aprovechamiento de pastos cultivados y mejorados en zonas altoandinas. Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña, Instituto Nacional de investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

Sáenz, T. S. P. D.;Prieto, C. L. y López, M. A. 2020. El Cubio (mashua): Producción, Transformación y Beneficios. Ediciones Unisalle, Bogota-Colomia.

SENAMHI, S. N. d. M. e. H. 2023. Bolitin Agrometeorologico. Disponible en https://senamhi.gob.bo/index.php/inicio

Silva, C. C. R.;Pazo, M. G. I.;Villareae, V. E.;Calderón, P. A. A.;Aspajo, V. C. L.;Cruzado, R. J. L.;Rosario, C. J.;González, S. A. D.;Guerrero, E. L. M.;González, B. M. V.;Sagástegui, G. W. A.;Gamarra, S. C. D. y Hilario, V. J. 2022. Wound healing activity of *Tropaeolum tuberosum*-based topical formulations in mice. (Vet World).

Suquilanda, V. M. 2012. Producción Orgánica de Cultivos Andinos. FAO, UNOCANC Y MAGAP, Quito-Ecuador.

Tapia, M. E. y Fries, A. M. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima.

Valle, P. M. A. 2017. Caracterización morfológica y fenología en variedades de *Tropaeolum tuberosum* (Mashua) de interés dedicinal. Cevallos, Ecuador. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. 70 p.

Varela, R. O.;Argüello, D. F. y Orozco, R. R. 2015. Descriptor para moras criollas costarricenses. San José, Costa Rica, EUNED.

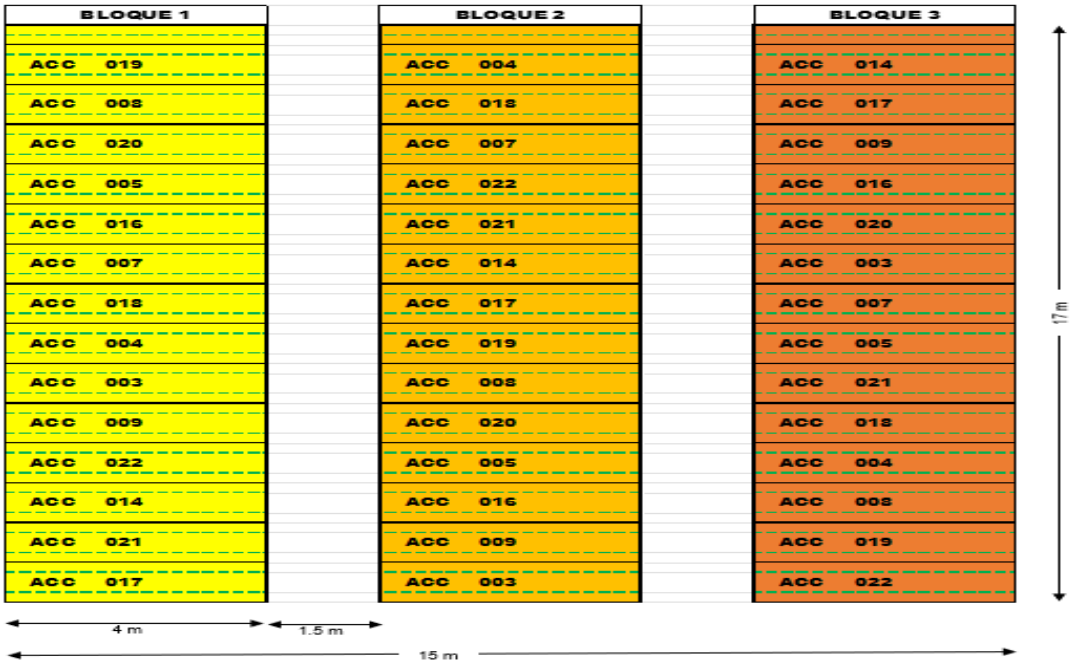
Vargas, M. y Sandy, A. 2017. Tecnologías de manejo de suelos agrícolas en la región del intersalar del altiplano boliviano. 54 p. (IICA).

Vilchez, p. p. 2018. Actividad antioxidante in vitro del extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón “mashua negra” de cuatro zonas productoras de la región Ayacucho. Universidad Nacional De San Cristobal De Huamanga.

Yepez, C. D. y Tumpay, S. L. 2023. Guía de manejo agronómico de mashua para conservación ex situ. Lima-Perú. Disponible en https://repositorio.inia.gob.pe/

8. ANEXOS

Anexo 1. Croquis de las parcelas de investigación

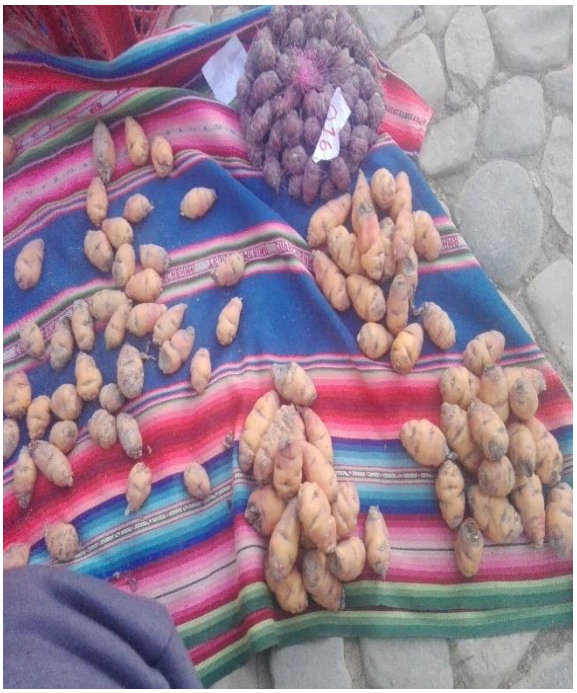


Anexo 2. Preparación de terreno

Parcela

Abertura de surcos

Anexo 3. Material vegetal



Accesiones disponible

Selección de semilla

Anexo 4. Siembra

Abonado de las parcelas

Sembrado de los tubérculos

Anexo 5. Distribución de marbetes

Anexo 6. Emergencia de la planta de isaño

Anexo 7. Parcelas de cultivo de isaño

Anexo 8. Incidencia de helada

1ª Incidencia

2ª Incidencia

3ª Incidencia

Anexo 9. Cosecha de tuberculos

Cosecha

Desguardo de muestra

Selección de tubérculos

Almacenado de tubérculos

Anexo 10. Toma de datos

Medición de longitud de tallo

Peso de tubérculos por planta

Medicion de diametro de tuberculo

Medicion de largo de tuberculo

Peso de tubérculo

Color de tubérculo

Anexo 11. Datos del libro de campo

TRAT.	PS	DE	PE	AP	NR	AF	RP	Rha	NT	LT	DT	PT	NY	TP	CF	CE	CT	NL	CPT	CST	DCT	CPP	CSP	DCP	FT	PO	th
ACC_003	40	40	92	54	12	0,2	335	17	16	85	40	54	22	2	2	2	2	1	3	6	2	3	2	2	2	3	0,6
ACC_004	26	33	79	48	8,8	0,1	283	14	12	80	30	38	18	2	2	2	2	3	3	6	2	3	2	2	2	2	0,5
ACC_005	16	35	75	32	8,8	0,1	91	4,6	7,8	60	25	24	6,8	1	3	2	1	1	3	1	1	2	3	4	1	1	0,3
ACC_007	20	33	79	46	9,4	0,1	226	11	19	50	25	20	12	1	2	1	4	1	8	4	3	1	6	3	2	2	0,4
ACC_008	33	40	58	30	9,4	0,1	221	11	18	47	20	15	12	1	2	1	2	1	4	4	5	3	2	2	1	1	0,6
ACC_009	22	42	86	38	10	0,1	152	7,6	16	45	30	22	10	1	2	1	3	2	3	5	3	1	3	4	1	2	0,5
ACC_014	16	35	54	36	11	0,1	113	5,6	19	38	23	14	12	1	2	1	1	3	2	5	2	1	1	1	1	1	0,5
ACC_016	22	37	96	27	7,6	0,1	95	4,7	16	35	20	11	12	1	3	2	4	3	7	2	6	1	5	2	2	1	0,6
ACC_017	18	43	58	45	10	0,1	230	12	13	60	30	29	14	2	1	2	3	2	1	6	3	2	2	3	2	2	0,6
ACC_018	16	39	83	29	8,4	0,1	199	10	19	35	25	14	14	1	3	2	4	3	7	2	6	1	5	2	1	1	0,5
ACC_019	16	40	67	29	8,2	0,1	121	6,1	19	35	20	11	10	2	3	2	4	2	8	2	6	1	5	4	1	1	0,4
ACC_020	25	43	83	34	9	0,1	82	4,1	13	35	25	14	10	1	2	2	3	3	3	6	3	2	3	4	1	2	0,4
ACC_021	11	41	58	44	12	0,2	182	9,1	21	60	20	19	10	1	2	2	2	1	2	6	2	2	3	4	1	2	0,5
ACC_022	32	40	88	40	13	0,2	329	16	19	60	30	29	10	2	3	2	4	4	9	5	3	6	2	3	2	1	0,5
ACC_003	40	41	92	41	9,4	0,1	224	11	14	100	40	64	24	2	2	2	2	1	3	6	2	3	2	2	2	3	0,6
ACC_004	26	43	67	45	7,5	0,1	190	9,5	10	80	30	38	19	2	2	2	2	3	3	6	2	3	2	2	2	2	0,4
ACC_005	16	44	58	41	6	0	61	3,1	11	30	25	12	7,3	1	3	1	1	1	3	1	1	2	3	4	1	1	0,4
ACC_007	20	35	96	47	10	0,1	350	17	22	70	35	39	13	1	2	1	4	1	8	4	3	1	6	3	2	2	0,3
ACC_008	33	42	83	51	13	0,2	234	12	19	70	23	26	13	1	2	1	2	1	4	4	5	3	2	2	1	1	0,4

ACC_009	22	41	67	28	8,6	0,1	95	4,7	13	50	27	22	11	1	2	1	3	2	3	5	3	1	3	4	1	2	0,4
ACC_014	16	39	83	44	11	0,2	136	6,8	22	52	30	25	13	1	2	1	1	3	2	5	2	1	1	1	1	1	0,5
ACC_016	22	39	96	36	9,6	0,1	109	5,5	17	30	25	12	13	1	3	2	4	3	7	2	6	1	5	2	2	1	0,5
ACC_017	18	42	63	56	12	0,2	198	9,9	17	70	30	34	15	2	1	2	3	2	1	6	3	2	2	3	2	2	0,5
ACC_018	16	37	96	32	9,2	0,1	196	9,8	24	45	25	18	15	1	3	2	4	3	7	2	6	1	5	2	1	1	0,4
ACC_019	16	39	88	38	8,8	0,1	167	8,4	28	45	25	18	11	2	3	2	4	2	8	2	6	1	5	4	1	1	0,4
ACC_020	25	42	67	30	9,2	0,1	113	5,6	14	60	25	24	11	1	2	2	3	3	3	6	3	2	3	4	1	2	0,5
ACC_021	11	39	83	51	15	0,3	155	7,8	26	50	20	16	11	1	2	2	2	1	2	6	2	2	3	4	1	2	0,4
ACC_022	32	37	93	49	14	0,2	282	14	24	80	33	42	11	2	3	2	4	4	9	5	3	6	2	3	2	1	0,6
ACC_003	40	39	88	45	9	0,1	268	13	18	88	40	56	23	2	2	2	2	1	3	6	2	3	2	2	2	3	0,5
ACC_004	26	40	75	52	11	0,2	300	15	14	76	30	37	19	2	2	2	2	3	3	6	2	3	2	2	2	2	0,4
ACC_005	16	40	67	36	7,2	0,1	74	3,7	8,4	42	25	17	8	1	3	1	1	1	3	1	1	2	3	4	1	1	0,2
ACC_007	20	41	79	51	10	0,1	385	19	21	57	30	27	14	1	2	1	4	1	8	4	3	1	6	3	2	2	0,4
ACC_008	33	40	75	37	10	0,2	274	14	21	54	30	22	14	1	2	1	2	1	4	4	5	3	2	2	1	1	0,4
ACC_009	22	40	75	34	8,6	0,1	99	4,9	11	45	25	18	11	1	2	1	3	2	3	5	3	1	3	4	1	2	0,4
ACC_014	16	39	75	28	7,6	0,1	78	3,9	18	42	22	15	13	1	2	1	1	3	2	5	2	1	1	1	1	1	0,3
ACC_016	22	39	63	34	9	0,1	112	5,6	15	30	23	11	13	1	3	2	4	3	7	2	6	1	5	2	2	1	0,4
ACC_017	18	40	67	35	8,6	0,1	156	7,8	9	61	30	30	15	2	1	2	3	2	1	6	3	2	2	3	2	2	0,3
ACC_018	16	42	66	42	11	0,2	285	14	25	38	25	15	16	1	3	2	4	3	7	2	6	1	5	2	1	1	0,4
ACC_019	16	42	75	55	11	0,2	127	6,3	24	38	25	15	12	2	3	2	4	2	8	2	6	1	5	4	1	1	0,5
ACC_020	25	40	95	30	9,6	0,1	81	4	15	45	25	18	12	1	2	2	3	3	3	6	3	2	3	4	1	2	0,4
ACC_021	11	40	83	35	9	0,1	120	6	11	52	25	21	12	1	2	2	2	1	2	6	2	2	3	4	1	2	0,3
ACC_022	32	40	88	36	12	0,2	336	17	17	66	32	34	12	2	3	2	4	4	9	5	3	6	2	3	2	1	0,4