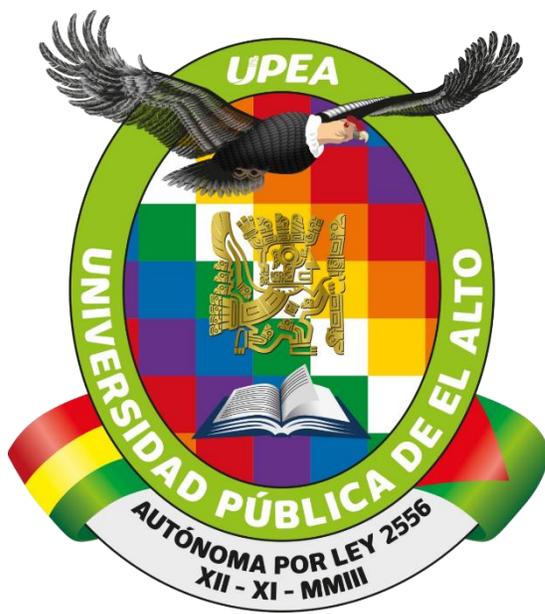


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**FENOTIPADO DE OCA (*Oxalis tuberosa*, Mol.) POR MÉTODO DE
ESCALAMIENTO MULTIDIMENSIONAL EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL KALLUTACA**

Por:

Heber Pillco Rivera

EL ALTO – BOLIVIA

Diciembre, 2024

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

**FENOTIPADO DE OCA (*Oxalis tuberosa*, Mol.) POR MÉTODO DE ESCALAMIENTO
MULTIDIMENSIONAL EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL KALLUTACA**

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

Heber Pillco Rivera

Asesores:

Lic. Ing. Félix Marza Mamani

Lic. Ing. Soledad Chavez Vino

Tribunal Revisor:

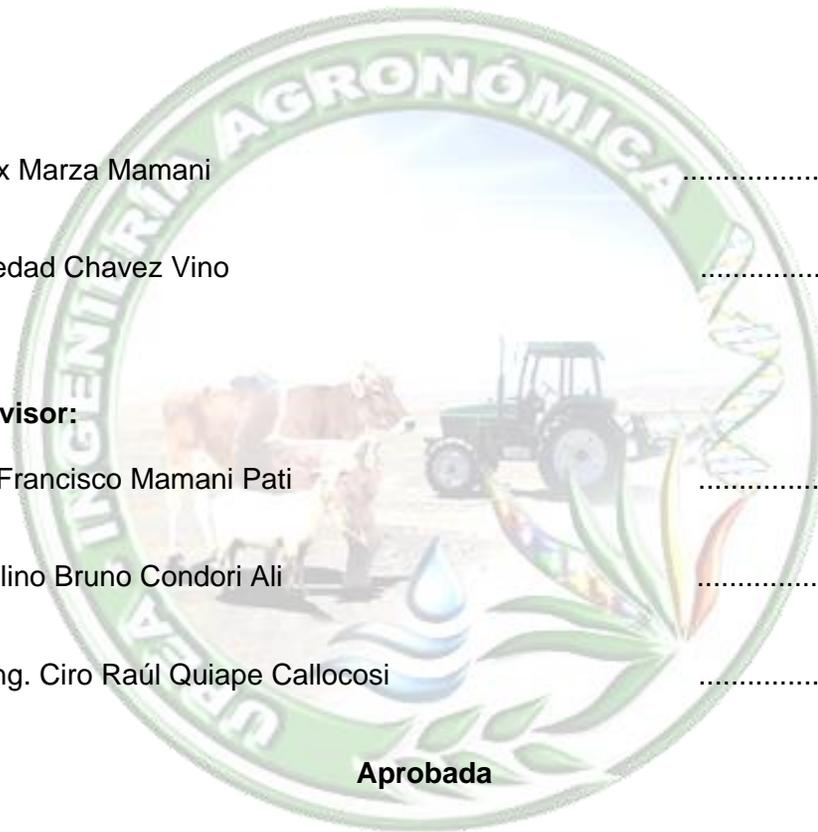
Dr. Lic. Ing. Francisco Mamani Pati

Lic. Ing. Paulino Bruno Condori Ali

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

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

A Dios, por darme la vida, la salud y su infinita misericordia al guiarme en mis estudios.

Dedicar el presente trabajo a mis padres: Clemente Pillco y Nicolasa Rivera por su constante apoyo, comprensión y por su cariño, quienes estuvieron dándome fuerza para seguir adelante.

A mis queridos hermanos que me motivaron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, quien con su infinita bondad y sabiduría me ha permitido culminar este trabajo. Su presencia constante me ha dado fuerza y esperanza para superar los desafíos a lo largo de este camino.

Agradecer a la Universidad Pública de El Alto, a la Carrera Ingeniería Agronómica por brindarme la oportunidad de obtener mi formación académica y a todos los docentes, quienes contribuyeron con sus enseñanzas y sus consejos valiosos.

Expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres, Clemente Pillco y Nicolasa Rivera; a mis hermanos, Pedro, Ruddy, Maritza, Alex a mi cuñada Adela Condori, por su apoyo incondicional y comprensión que me han brindado durante mi formación personal y profesional.

Agradecer a mis asesores Lic. Ing. Félix Marza Mamani y Lic. Ing. Soledad Chavez Vino, por su apoyo, colaboración y tiempo dedicado para poder culminar el presente trabajo de investigación.

A mis amigos y amigas, por su gran amistad, por el apoyo moral y momentos compartidos a Eloy E. Molle Pacoricona, Silvia E. Quispe Huallpa, María E. Condori por el apoyo incondicional y colaboración durante el proceso de investigación, agradecerles infinitamente.

CONTENIDO

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

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos	3
1.5. Objetivo general	3
1.5.1. Objetivos específicos.....	3
1.6. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Características generales del cultivo de la Oca	3
2.2. Origen y distribución.....	3
2.3. Características taxonómicas	4
2.4. Características morfológicas	4
2.5. Fenología del cultivo de oca.....	5
2.6. Importancia del cultivo de oca.....	6
2.7. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo	6

2.8.	Producción, superficie y rendimiento de oca a nivel nacional	7
2.9.	Diversidad genética del cultivo de oca	8
2.10.	Conservación In-situ.....	8
2.11.	Conservación Ex situ.....	8
2.12.	Erosión genética del cultivo de Oca	8
2.13.	Factores físicos	9
2.14.	Fenotipado	9
2.15.	Accesión.....	9
2.16.	Descriptores	10
2.17.	Escalamiento multidimensional	11
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1.	Localización.....	12
3.1.1.	Ubicación Geográfica:	12
3.1.2.	Características Edafoclimáticas	13
3.2.	Materiales.....	13
3.3.	Métodos.....	14
3.4.	Área de investigación	14
3.5.	Siembra	14
3.6.	Labores culturales	15
3.7.	Distribución de marbetes a plantas	15
3.8.	Riego	15
3.9.	Fertilización	15
3.10.	Monitoreo del factor abiótico	15
3.11.	Cosecha y evaluación de los tubérculos	16
3.12.	Tipo de investigación.....	16
3.13.	Metodología de evaluación	16

3.14.	Variables de respuesta.....	17
3.14.1.	Variables cuantitativas.....	17
3.14.2.	Variables cualitativas.....	18
3.15.	Análisis de datos	21
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1.	Datos climáticos	22
4.2.	Análisis estadístico de variables cuantitativas.....	23
4.3.	Análisis estadístico de variables cualitativas.....	26
4.4.	Características de la planta	26
4.5.	Características de inflorescencia	29
4.6.	Características del tubérculo.....	32
4.7.	Factores abióticos	34
4.8.	Análisis de correlación	35
4.9.	Prueba de independencia	38
4.10.	Análisis multidimensional para variables cualitativas	42
5.	CONCLUSIONES	50
6.	RECOMENDACIONES	51
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	52
8.	ANEXOS	56

ÍNDICE DE CUADROS

1.	Características nutricionales de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) (en 100 g de material fresco)	6
2.	Superficie, Producción y rendimiento de oca a nivel nacional gestión agrícola 2010 - 2023	7
3.	Resumen de variables cuantitativas evaluadas en el cultivo de oca, durante la campaña agrícola 2022 - 2023.....	17
4.	Resumen de las variables cualitativas evaluadas en el cultivo de oca durante la campaña agrícola 2022 - 2023.....	18
5.	Estadísticas descriptivas de Porcentaje de Emergencia, diámetro de tallo, altura de la planta, longitud de los foliolos, ancho de los foliolos centrales evaluadas durante la campaña agrícola 2022-2023 en la Estación Experimental Kallutaca.....	24
6.	Estadística descriptiva de longitud del peciolo, peso medio del tubérculo, número de tubérculo por planta, número de yemas por tubérculo y rendimiento evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en la Estación Experimental Kallutaca.....	25
7.	Descripción de características de la planta de las 19 accesiones de oca, evaluadas durante la campaña 2022-2023.....	26
8.	Descripción del color de los tallos aéreos (CTA) y color del peciolo (CP)	27
9.	Descripción del color del follaje (CF) y color del envés de los foliolos (CEF)	28
10.	Descripción de características de inflorescencia.....	30
11.	Descripción de hábito de floración (HF) y color de la flor (CF).....	30
12.	Descripción de heterostilia de las flores (HF) y forma de la corola (FC)	31
13.	Descripción del color de los sépalos (CS) y color del pedúnculo y pedicelo (CPP).....	31
14.	Descripción de las características del tubérculo	32
15.	Descripción de las características de la pulpa del tubérculo	33
16.	Análisis de resultados de correlación de Pearson para variables cuantitativas: PEM (porcentaje de emergencia), DT (diámetro de tallo), AP (altura de la planta), LF (longitud de los foliolos), LFC (longitud de los foliolos centrales), LP (longitud del	

	peciolo), LPD (longitud del pedúnculo), PMT (peso medio del tubérculo), NTP (número de tubérculos por planta), NYT (número de yemas por tubérculo).....	36
17.	Cuadro de contingencia Forma de la Corola (FC), Color del envés de los foliolos (CEF) y Color del pedúnculo y pedicelo (CPP)	38
18.	Cuadro de contingencia del Hábito de floración (HF), Color de la flor (CF), Heterostilia de las flores (HFL) y forma de la corola (FC).	39
19.	Cuadro de contingencia de color de Hábito de Floración, color del Pedúnculo y pedicelo, tolerancia a la helada.....	39
20.	Cuadro de contingencia del color de la flor (CFL), forma de la corola (FC), tolerancia a la helada (TH)	40
21.	Cuadro de contingencia del distribución del color secundario de los tubérculos (DCST) y color secundario de la superficie de los tubérculos (CSST).....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Fase fenológica de la oca.....	5
2.	Datos de temperatura (Máx. - Mín.) y precipitación registrada en la Estación Meteorológica de la Carrera de Ingeniería Agronómica durante la campaña agrícola 2022-2023.....	22
3.	Pigmentación de las Axilas (PA)	29
4.	Comparación del porcentaje de la tolerancia de la helada.....	35
5.	Proyección bidimensional de la variable cualitativa de forma de la corola (FC), color del envés de los foliolos (CEF) y color pedúnculo y pedicelo (CPP).....	42
6.	Proyección bidimensional de la variables cualitativas de color de la flor (CFL), forma de la corola (FC), hábito de floración (HF) y heterostilia de las flores (HFL).....	43
7.	Proyección bidimensional de las variables color secundario de la superficie de los tubérculos (CSST) y distribución del color secundario de los tubérculos (DCST) .	44
8.	Proyección bidimensional de las variables color predominante de la superficie de los tubérculos, color secundario de la superficie de los tubérculos y tolerancia a la helada.....	45

9.	Proyección bidimensional de las variables altura de la planta, diámetro de tallo, porcentaje de emergencia	46
10.	Proyección bidimensional de las variables altura de la planta, longitud de los folíolos, número de tubérculos por planta, porcentaje de emergencia, tolerancia a la helada.	47
11.	Proyección bidimensional de las variables color predominante de la superficie de los tubérculos, forma del tubérculo, rendimiento y tolerancia a la helada.	48
12.	Proyección bidimensional de las variables altura de la planta, forma del tubérculo y rendimiento.	49

ÍNDICE DE ANEXOS

1.	Croquis del ensayo experimental	56
2.	Preparación del área de trabajo	57
3.	Labores culturales	58
4.	Recolección de datos	58
5.	Tolerancia a la helada	59
6.	Cosecha del tubérculo	59
7.	Caracterización del tubérculo	60

ABREVIATURAS

EDM	Escalamiento multidimensional
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
MDRyT	Ministerio del Desarrollo Rural y Tierras
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
GPS	Global Positioning System
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research
CIP	Centro Internacional de la Papa
IPGRI	Instituto internacional de Recursos Fitogenéticos
GBIF	Sistema Global de Información sobre Biodiversidad
msnm	Metros sobre el nivel del mar
kg	Kilogramos
cm	Centímetro
g	Gramos
t	Toneladas
°C	Grado Centígrado
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

RESUMEN

El tubérculo (*Oxalis tuberosa*, Mol.) ha sido cultivado durante siglos, se cultiva entre 2800 a 4000 msnm, posee un alto valor nutricional y cultural. Sin embargo, a pesar de su importancia y características fenotípicas no han sido suficientemente estudiados, lo que limita su potencial agronómico y comercial. La diversidad genética se ha visto amenazada por la modernización agrícola y la preferencia por cultivos más comerciales. La diversidad genética de la oca en Bolivia continúa siendo un aspecto clave para su cultivo, destacándose por su adaptación a diversas condiciones climáticas y geográficas. El estudio del fenotipado de oca permite identificar rasgos como el color de los tallos, pigmentación de las axilas, color del follaje color de la flor, color del pedúnculo y pedicelo, color predominante de la superficie del tubérculo, color secundario de la superficie del tubérculo y la forma de los tubérculos.

El trabajo de investigación se realizó con el objetivo analizar las características fenotípicas de la oca (*Oxalis tuberosa*, Mol.) por método de escalamiento multidimensional en la Estación Experimental Kallutaca, de la Universidad Pública de El Alto, durante la campaña agrícola 2022-2023, donde se establecieron y evaluaron 19 accesiones de oca provenientes del Banco de Germoplasma de la carrera Ingeniería Agronómica.

Al concluir el análisis estadístico determinó que las plantas varían en porcentaje de emergencia de 55% a 90 % días, diámetro de tallo (0,67 a 1,60 mm,) altura de la planta (12 a 35 cm), el peso del tubérculo (0,18 a 0,59 kg/planta) y en el rendimiento de 8,70 a 28,30 t/ha. A la vez se observó el color de tallos verde amarillento con 68%. Los colores de los tubérculos más frecuentes que predominan son: blanco amarillento, amarillo, naranja amarillento, con una representación de 16% esto implica que existe una diferencia en las características fenotípicas de la oca entre las accesiones en estudio.

Según el análisis multidimensional se observó una dependencia de las variables de los tubérculos rojos y amarillos son los que resistieron de manera sobresaliente a las heladas y los tubérculos de color purpura y naranja fueron afectados por el descenso de temperaturas. En base a la producción, las accesiones OT-020, OT-018, OT-011, OT-002, OT-021 y OT-027 son las de mejor rendimiento con un promedio de producción de 23 t/ha.

ABSTRACT

The tuber (*Oxalis tuberosa*, Mol.) has been cultivated for centuries, is grown between 2800 to 4000 masl, and has a high nutritional and cultural value. However, despite its importance and phenotypic characteristics, it has not been sufficiently studied, which limits its agronomic and commercial potential. Genetic diversity has been threatened by agricultural modernization and preference for more commercial crops. The genetic diversity of oca in Bolivia continues to be a key aspect for its cultivation, standing out for its adaptation to diverse climatic and geographic conditions. The study of oca phenotyping allows the identification of traits such as stem color, axil pigmentation, foliage color, flower color, peduncle and pedicel color, predominant color of the tuber surface, secondary color of the tuber surface and tuber shape.

The research work was carried out with the objective of analyzing the phenotypic characteristics of oca (*Oxalis tuberosa*, Mol.) by multidimensional scaling method at the Kallutaca Experimental Station of the Public University of El Alto, during the 2022-2023 agricultural season, where 19 accessions of oca from the Germplasm Bank of the Agronomy Engineering career were established and evaluated.

At the conclusion of the statistical analysis, it was determined that the plants varied in percentage of emergence from 55% to 90% days, stem diameter (0.67 to 1.60 mm), plant height (12 to 35 cm), tuber weight (0.18 to 0.59 kg/plant) and yield from 8.70 to 28.30 t/ha. At the same time, the color of yellowish green stems was observed with 68%. The most frequent tuber colors that predominate are: yellowish white, yellow, yellowish orange, with a representation of 16%, which implies that there is a difference in the phenotypic characteristics of oca among the accessions under study.

According to the multidimensional analysis, it was observed that the red and yellow tubers are the ones that resisted the frost in an outstanding way and the purple and orange tubers were affected by the decrease in temperatures. Based on yield, accessions OT-020, OT-018, OT-011, OT-002, OT-021 and OT-027 are the best yielding with an average yield of 23 t/ha.

1. INTRODUCCIÓN

El tubérculo (*Oxalis tuberosa*, Mol.), conocido como oca, es un cultivo esencial para las comunidades andinas de Bolivia, su importancia radica tanto en sus cualidades nutricionales como en su capacidad de adaptarse a condiciones agroclimáticas extremas, lo que le convierte en el segundo cultivo más importante en la región, después de la papa (Castañeta *et al.*, 2022). Es importante promover la producción, conservación y uso de la oca basado en sus propiedades nutricionales, ecológicas, medicinales y socio-económicas, que a través de los años han contribuido a la seguridad alimentaria (Nina y Murillo, 2018). La producción en las gestiones agrícolas 2022-2023 a nivel nacional reporta un rendimiento de 2.933 kg/ha con una producción de 23.781 toneladas en una superficie cultivada de 8.108 ha (INE y MDRyT, 2024).

El fenotipo es el conjunto de características observables producidas como resultado de la interacción entre el genotipo (conjunto de material genético) y el medioambiente, en lo cual se identifican y analizan estas características observables utilizando diversas tecnologías y herramientas, como análisis de imágenes, métodos estadísticos e inteligencia artificial, entre otros (Díaz, 2021).

El mismo autor menciona que el fenotipado de oca es crucial para comprender su variabilidad y potencial agronómica, la aplicación del método de escalamiento multidimensional permite analizar simultáneamente múltiples características fenotípicas, facilitando la identificación de patrones y relaciones entre las diferentes accesiones. Este enfoque no solo contribuye a la caracterización morfológica del tubérculo, también proporciona información valiosa para programas de mejoramiento genético y conservación.

1.1. Antecedentes

Los estudios de caracterización morfológica en diferentes tubérculos andinos muestran que los descriptores cualitativos permiten una mejor diferencia, lo cual ha permitido la selección y la identificación de las variedades, quienes usan como criterio de selección de características morfológicas asociadas principalmente al tubérculo (Morillo *et al.*, 2019).

El modelo multidimensional ha sido utilizado ampliamente en el aspecto social y no en caracterización de cultivos es más, de las caracterizaciones realizadas en diferentes universidades ninguno de ellos uso un modelo multidimensional solo llegan hasta correlación

de Pearson, en la universidad existen pocos trabajos realizados en cultivo de la oca pero este modelo que se quiere introducir es una nueva forma de analizar y hacer entender de forma más fácil a las personas.

1.2. Planteamiento del problema

La oca es un tubérculo andino que ha sido cultivado durante siglos y posee un alto valor nutricional y cultural. Sin embargo, a pesar de su importancia, su cultivo y características fenotípicas no han sido suficientemente estudiados, lo que limita su potencial agronómico y comercial. En Bolivia, donde se cultiva en diversas altitudes y condiciones, existe una gran variabilidad fenotípica que no ha sido adecuadamente documentada.

En la Estación Experimental Kallutaca existe poca información sobre el escalamiento multidimensional. La diversidad genética se ha visto amenazada por la modernización agrícola y la preferencia por cultivos más comerciales. Esto ha llevado a la pérdida de variedades locales, lo que compromete no solo el patrimonio agrícola, sino también la seguridad alimentaria de las comunidades.

1.3. Justificación

Este estudio es crucial para mejorar el entendimiento sobre la diversidad genética y fenotípica de *Oxalis tuberosa*, lo que podría contribuir a su conservación. Además, al identificar las características más relevantes que afectan al cultivo, se puede orientar a los agricultores sobre prácticas óptimas para maximizar el rendimiento y la calidad del tubérculo. Se desea contribuir el conocimiento de características fenotípicas de oca con un nuevo método de trabajo como es el modelo de escalamiento multidimensional a través de descriptores morfológicos y de esa manera rescatar y revalorizar prácticas y conocimientos asociados a la riqueza genética.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo, analizar las características fenotípicas de la Oca por método de escalamiento multidimensional en la Estación Experimental Kallutaca, con el fin de generar información de las 19 accesiones de Oca, que fueron recolectados en el Banco de germoplasma en la Estación Experimental Kallutaca.

1.4. Objetivos

1.5. Objetivo general

- Analizar las características fenotípicas de la oca (*Oxalis tuberosa*, Mol.) por método de escalamiento multidimensional en la Estación Experimental Kallutaca.

1.5.1. Objetivos específicos

- Identificar las características promisorias para la productividad del tubérculo.
- Analizar las influencias de los factores climáticos durante su desarrollo y rendimiento.
- Identificar accesiones promisorias de oca para futuros trabajos de investigación.

1.6. Hipótesis

- Ha: Existen diferencias significativas de las características fenotípicas de la oca.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características generales del cultivo de la Oca

La oca es el segundo tubérculo ampliamente cultivado después de la papa. Es robusto y resistente a las heladas, son tubérculos largos y cilíndricos que van desde el color blanco hasta el morado oscuro grisáceo. Rico en proteínas con un buen balance de aminoácidos, su alto rendimiento y sabor agradable lo hace muy popular en la cocina rural donde se prepara tradicionalmente en sopas o guisos. El principal enemigo del cultivo es el gorgojo de la oca, es un escarabajo especialmente destructivo que puede arrasar con cosechas enteras (CIP, 2016).

2.2. Origen y distribución

La oca es una especie nativa de al menos 8000 años de antigüedad en la región andina, se cultiva entre 2800 y 4000 msnm. El centro de diversidad de la Oca se sitúa en las tierras altas de los Andes, desde Colombia hasta Argentina, con mayor presencia en Perú y Bolivia. En esta región se encuentran numerosos parientes silvestres. Aunque es común en América del Sur y México, también se cultiva ampliamente en Nueva Zelanda (FAO, 2024).

Históricamente, los países donde se han llevado a cabo más investigaciones sobre la recolección, conservación y uso de estos recursos genéticos son Bolivia, Perú y Ecuador, debido a que presentan la mayor diversidad de estas especies (Morillo *et al.*, 2019).

Varios estudios han identificado microcentros de diversificación que incluyen regiones como Cajamarca, Huancavelica, Huánuco y Cusco en Perú. En Bolivia, los departamentos de La Paz y Cochabamba presentan una notable diversidad morfológica y genética en *Oxalis tuberosa*. En Ecuador, las provincias de Carchi y Huaconas, y en Colombia, los departamentos de Boyacá y Nariño, también son reconocidos por su alta diversidad. Estos microcentros destacan por su considerable diversidad intravarietal, que abarca tanto variaciones morfológicas como genéticas y juegan un papel cultural clave en la conservación de estas especies (García *et al.*, 2023).

2.3. Características taxonómicas

En cuanto a la clasificación taxonómica la oca pertenece a la clase Dicotiledoneae, orden Geraniales, familia Oxalidaceae, género *Oxalis*, especie *Oxalis tuberosa*, mencionada por (Campos, 2020). La oca es conocida con diversos nombres de los diferentes países donde se producen en lengua originaria aymara: apilla; en quechua: oqa, ok`a, uqa; Peru Ecuador, Bolivia y Chile: oca huasisai, ibia; Colombia: ruba, timbo, cuiba, quiba; Venezuela: papa roja, papa colorada (Lima, 2016; Vera *et al.*, 2018) mencionado por (Castañeta, 2023).

2.4. Características morfológicas

Morfología de la planta

Según Calle (2022), describe la Oca como una planta anual, herbácea y de desarrollo compacto. En sus primeras etapas de crecimiento, adopta un hábito de crecimiento erguido. Sin embargo, a medida que la planta madura, su estructura cambia y se vuelve decumbente o postrada, extendiéndose sobre el suelo.

Morfología floral

Según Arteaga (2016), indica que las axilas superiores de los tallos presentan de 4 a 5 flores. Cada flor tiene cinco pétalos amarillos, 10 estambres y un pistilo de tamaño variable, la estructura floral facilita la polinización cruzada, son más largos que los estambres: se

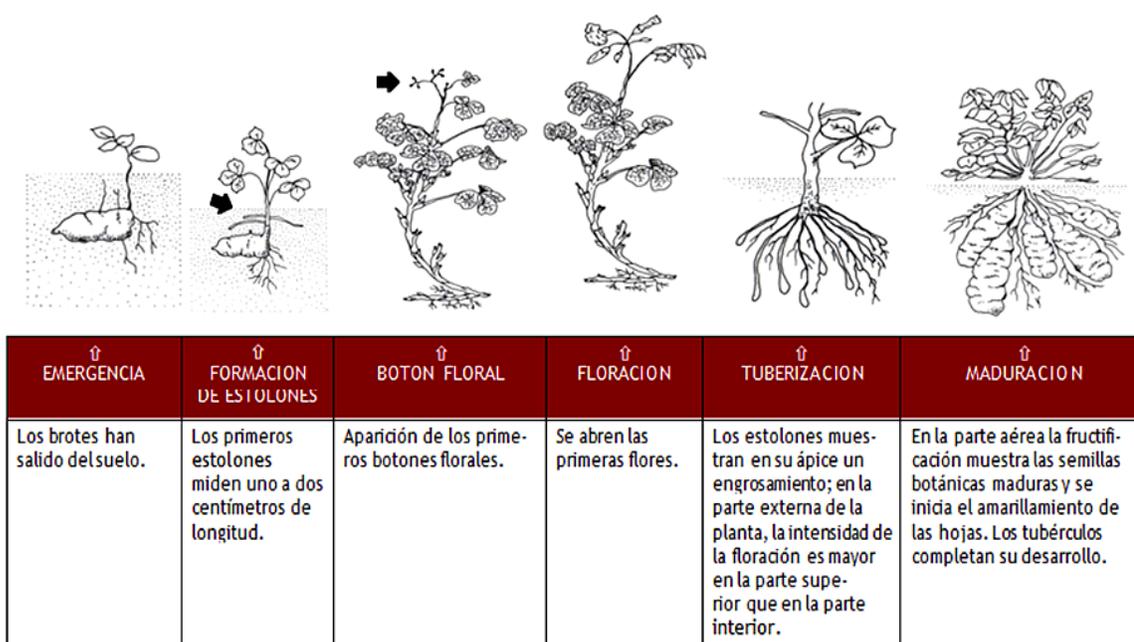
llaman Longuistilia, semejantes a los estambres: Mesostilia, y más cortos que los estambres: Brevistilia.

Morfología del tubérculo

Los tubérculos presentan diversas formas: ovoide, claviforme, alargado y cilíndrico con varias yemas u “ojos” por toda la superficie, estas formas pueden variar considerablemente dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales, poseen una variedad de colores como el blanco, anaranjado, rojo, amarillo y rosado lo que refleja la diversidad genética de la oca (Sánchez, 2022).

2.5. Fenología del cultivo de oca

Según Yzarra y Lopez (2009), mencionan que la fenología tiene como finalidad de estudiar y describir las diferentes fases fenológicas del cultivo de oca, considerando la implementación de todo el sistema agrícola.



Fuente: Manual de observaciones fenológicas

Figura 1. Fase fenológica de la oca

2.6. Importancia del cultivo de oca

Valor nutricional

El valor nutricional de la oca es muy variable, tiene un alto contenido de agua (80 %); 1,1 % de proteína y 13 % de carbohidrato. El contenido vitamínico varía, pero puede tener cantidades significativas de retinol (vitamina A). El contenido proteico en la oca deshidratada puede alcanzar hasta el 11 %. La oca es una fuente de energía su aporte oscila entre 20 y 60 kilocalorías por 100 gramos de carbohidratos contiene almidones y azúcares. Por otra parte tiene poca cantidad de proteínas y grasas. Es muy rica en agua y fibra alimentaria (Clavijo, 2014), mencionado por (Gualoto, 2021). Dentro de las características nutricionales de la oca destacan su contenido de vitamina C, que triplica al de la papa y carbohidratos útiles como fuente de energía (Sanchez *et al.*, 2022).

Cuadro 1. Características nutricionales de la oca (*Oxalis tuberosa*) (en 100 g de material fresco)

	Proteína (g)	Calorías (kcal)	Agua (g)	Carbohidratos (g)	Fibra (g)	Vitamina A (g)	Tiamina (Vit. B1) (mg)	Riboflavina (Vit. B2) (mg)	Niacina (Vit. B3)(mg)	Vitamina C (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Fosforo (mg)	Zinc (mg)
Yenque (2008)	0,12	70,5	85,1	15,1	8	0,6	0,04	1	1	39,8	17	12,2	27	1,8
Barrera (2010)	0,8	80,7	82	14,2	9	0,8	0,07	0,9	1,02	38	17,3	12,4	28,5	1,5
Vanero (2013)	0,8	75,5	83,3	13,6	8	0,8	0,05	0,9	1,09	39,7	17,2	12,5	28,2	1,8
Llanos (2019)	0,1	82,3	87	17	7,5	0,9	0,05	1	1,07	40	17,5	12,5	28,2	1,7
Leyva (2019)	0,8	73,5	87	16,9	8	0,8	0,05	0,9	1,09	39,7	17,2	12,5	28,2	1,8
Promedio	0,52	76,5	84,9	15,4	8,1	0,78	0,05	0,9	1,05	39,4	17,2	12,4	28,0	1,7

Fuente: Sanchez *et al.* (2022).

2.7. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

Suelo: La oca se desarrolla en suelos francos, esta planta es capaz de tolerar un rango de acidez que va desde un pH de 5,3 hasta 7,8. En los sistemas agrícolas tradicionales de la región andina, la oca suele sembrarse después de la papa, lo que le permite aprovechar los nutrientes que quedan en el suelo, Sistema Global de información sobre la Biodiversidad (GBIF, 2024).

Temperatura: La oca necesita climas donde las temperaturas promedio oscilen entre 10 y 12 °C, con variaciones que pueden ir de 4 a 17 °C. Además, requiere una precipitación anual de un promedio de 700 a 885 milímetros (GBIF, 2024).

Luminosidad: La oca necesita menos de 12 horas de luz diaria para comenzar el proceso de formación de los tubérculos. En la mayoría de los casos, cuando los días son más largos, la planta se concentra únicamente en el desarrollo del follaje (Garfias, 2020).

Requerimiento nutricional del cultivo de oca: El cultivo de la oca, al igual que otros cultivos agrícolas, obtiene del suelo una variedad de nutrientes esenciales para su desarrollo y crecimiento. Entre los elementos principales necesarios para su óptimo rendimiento se encuentran el carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo y el potasio, clasificados como macronutrientes debido a la gran cantidad que la planta requiere de ellos. Además, los micronutrientes también desempeñan un papel fundamental en los procesos fisiológicos de la oca, incluyendo elementos como: azufre, magnesio, hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y el molibdeno. Estos nutrientes, aunque necesarios en menores cantidades, son indispensables para garantizar el equilibrio nutricional de la planta y su resistencia a factores adversos (Gualacata, 2015).

2.8. Producción, superficie y rendimiento de oca a nivel nacional

Según INE y MDRyT, (2024), mencionan que se cuenta con una superficie de producción de oca a nivel nacional de 8,108 ha, con una producción de 23.781 toneladas y un rendimiento de 2.933 kg/ha, durante la campaña agrícola 2022-2023.

Cuadro 2. Superficie, Producción y rendimiento de oca a nivel nacional gestión agrícola 2010 - 2023

Gestión	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (kg/ha)
2010	6.837	21.741	3.180
2011	7.180	23.053	3.211
2012	7.302	23.416	3.207
2013	7.311	22.938	3.138
2014	7.652	24.861	3.249
2015	8.021	25.397	3.166
2016	8.091	24.475	3.025
2017	7.976	22.572	2.830
2018	8.010	23.506	2.935
2019	8.156	23.850	2.924

2020	8.080	23.962	2.966
2021	8.069	23.751	2.944
2022	8.058	23.529	2.920
2023	8.108	23.781	2.933

Fuente: INE y MDRyT (2024).

2.9. Diversidad genética del cultivo de oca

Actualmente el Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia cuenta con alrededor de 492 accesiones de oca, las cuales corresponden al Germoplasma de Tubérculos y Raíces Andinas, (INIAF, s.f.), citado por (Chura, 2024).

La diversidad genética de la oca en Bolivia continúa siendo un aspecto clave para su cultivo, destacándose por su adaptación a diversas condiciones climáticas y geográficas, la selección y conservación de variedades locales, permite que la oca conserve una gran variabilidad genética, crucial para la resiliencia ante plagas, enfermedades y cambios climáticos (Biondi, 2022).

2.10. Conservación In-situ

La conservación in-situ presenta la característica de conservar los procesos de adaptación y evolución de los cultivos así como de las relaciones recíprocas inter e intra especies, conservan la diversidad a nivel ecosistémico, interespecífico que integra a los agricultores a los sistemas de conservación de Recursos Genéticos (Ferro, 2021).

2.11. Conservación Ex situ

La conservación ex-situ es un método de conservación fuera del lugar de origen, evolución y cultivo tradicional de la planta. Este tipo de conservación incluye tanto el almacenamiento de los recursos genéticos en bancos de germoplasma, como el establecimiento de colecciones de campo y el manejo de especies en cautiverio (Mejia, 2019).

2.12. Erosión genética del cultivo de Oca

Una de las principales causas de la erosión genética, según el informe de la FAO, estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en el mundo, es la sustitución de variedades locales por variedades modernas (FAO, 2011).

El cultivo de la oca, al igual que otros cultivos en el mundo se encuentran en peligro de erosión genética, que puede llevarla a la pérdida irreversible de su diversidad, como consecuencia el reemplazo del cultivo de oca por otros cultivos con mayor rendimiento y abandono de su consumo por parte de la población de los Andes (Holle, 1984).

Según Gallardo (2018), los riegos asociados son la desaparición de variedades de cultivos, debido a factores como la falta de uso, la transformación en los hábitos alimenticios y los impactos de fenómenos climáticos severos, así como el olvido de los nombres de las variedades nativas.

2.13. Factores físicos

Helada: Las heladas son fenómenos meteorológicos que ocurren cuando la temperatura del aire desciende a 0 °C o menos, lo que puede causar daños significativos a las plantas. Desde la perspectiva meteorológica, se considera helada cualquier descenso térmico igual o inferior a 0 °C medido a 2 metros sobre el nivel del suelo, aunque en la práctica, la temperatura en la superficie puede ser de 3 a 4 °C menor (Gómez, 2014).

Sequia: la sequía es considerada como un fenómeno climático cíclico provocado por una reducción en la precipitación pluvial que afecta a personas, actividades económicas, al ambiente y a la producción agrícola (Gallardo *et al.*, 2018).

2.14. Fenotipado

El fenotipado son características observables de rasgos morfológicos, fisiológicos de la planta, la interacción de la información genética (genotipo) y el ambiente donde se desarrollan (Lopez, 2022).

El estudio del fenotipado de oca permite identificar rasgos como el color de los tallos, pigmentación de las axilas, color del follaje color de la flor, color del pedúnculo y pedicelo, color predominante de la superficie del tubérculo, color secundario de la superficie del tubérculo y la forma de los tubérculos (Morillo *et al.*, 2019).

2.15. Accesoión

Según Fernandez (2023), menciona que la accesoión es aquella población vegetal que fue recolectada de un lugar específico para ser conservada en un banco de germoplasma en

condición ex situ, en el momento que ingresa al banco de germoplasma se le denomina accesión.

2.16. Descriptores

Los descriptores describen y califican las accesiones con un valor numérico, una escala, un código o un adjetivo calificativo, que se denomina “estado” del descriptor a cada una de las variables del descriptor cualitativo, los descriptores pueden ser de doble estado o múltiple (Sevilla y Holle, 2004).

Calidad del descriptor: El descriptor identifica cada uno de los rasgos para la caracterización morfológica de una determinada especie (Gonzales, 2009).

Descriptor morfológico de la oca: Los caracteres de planta deben registrarse en plena floración (130-180 días después de la siembra). Los caracteres de tubérculo por otro lado, deben registrarse inmediatamente después de la cosecha. Con excepción de la heterostilia que es registrada por la observación de una flor, tomada al azar, los otros caracteres, tanto de la planta como de tubérculos son registrados considerando la población de ellos para cada una de las entradas (IPGRI/CIP, 2001).

Datos vegetativos: Los caracteres descriptivos que tomaremos acuerdo al carácter y el estado que son: color de tallos aéreos, pigmentación de axilas, color de follaje, color del envés en los folíolos, color del peciolo (IPGRI/CIP, 2001).

Datos Inflorescencia: Para la caracterización de la inflorescencia se desarrollara de acuerdo al carácter y el estado que son: hábito de la floración, color de la flor, heterostilia de las flores, forma de la corola, color de los sépalos, color del pedúnculo y del peciolo (IPGRI/CIP, 2001).

Datos del tubérculo: Se describirán los tubérculos de acuerdo al carácter y estado que son: el color predominante de la superficie y color secundario, distribución de color secundario de la superficie de los tubérculos, color predominante de la pulpa de los tubérculos, color secundario de la pulpa de los tubérculos, distribución del color secundario de la pulpa de los tubérculos (IPGRI/CIP, 2001).

2.17. Escalamiento multidimensional

El escalamiento multidimensional (EMD) es un conjunto de técnicas cuyo resultado es una presentación espacial de las percepciones y referencias de los encuestados hacia una serie de objetos, la información una vez procesada se representa como posición y distancia entre los diferentes objetos de estudio. En el escalamiento multidimensional a veces se analizan múltiples dimensiones, pero finalmente se presentan gráficamente en una, dos o tres dimensiones (Repiso, 2013).

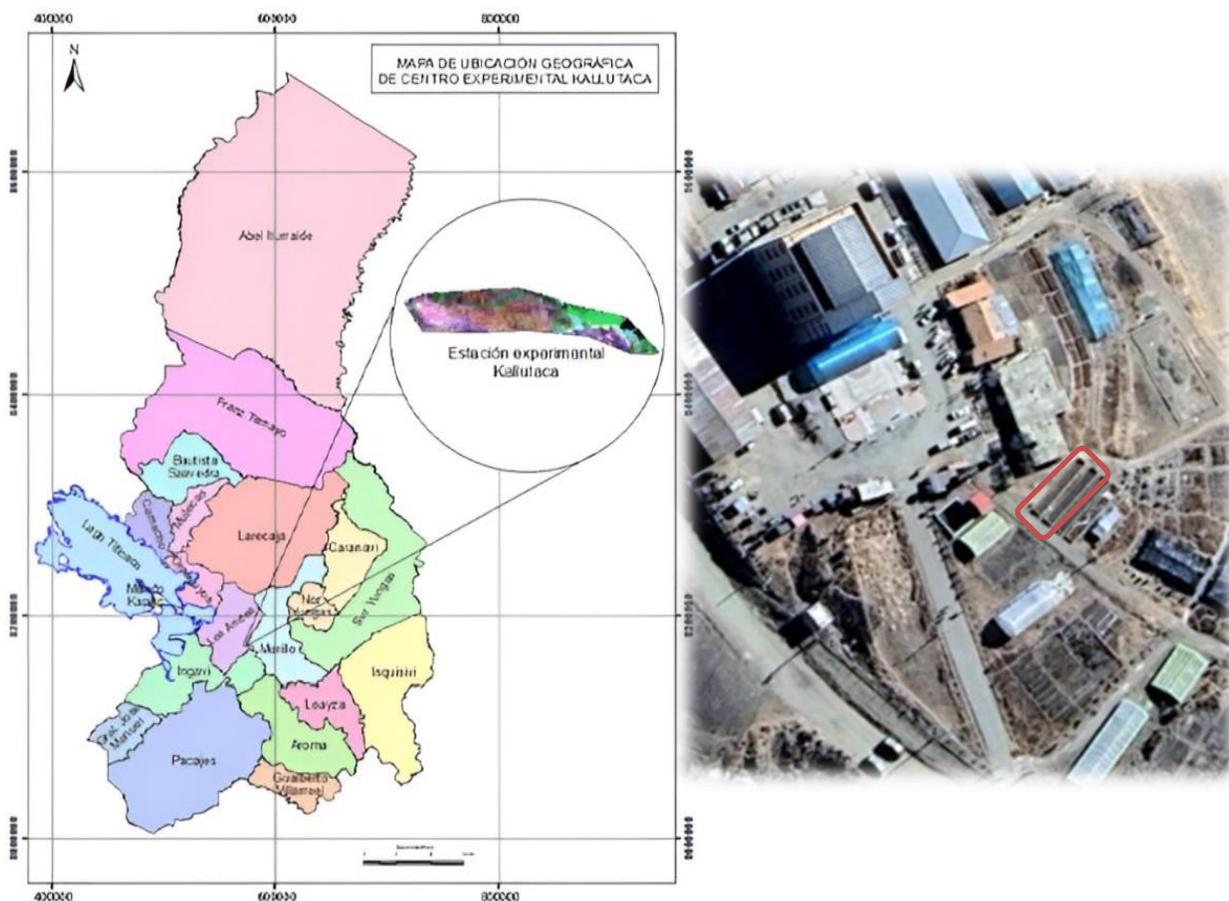
El escalamiento multidimensional permite encontrar la estructura de un conjunto de medidas de distancia a partir de los datos multivariantes, normalmente de dos o tres dimensiones de modo que las distancias entre los puntos en el espacio concuerden al máximo con las disimilaridades. Es considerado si los datos son de disimilaridad, deben ser cuantitativas y deben estar medidas en la misma métrica. Si los datos son datos multivariantes, las variables pueden ser datos cuantitativas, binarios o de recuento (SPSS, 2023).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica:

El presente trabajo de investigación se realizó durante la campaña agrícola 2022-2023, en los predios de la Estación Experimental Kallutaca perteneciente al Área Ciencias Agrícolas Pecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Pública de El Alto, ubicado en el municipio de Laja, Provincia Los Andes del Departamento La Paz. Geográficamente se encuentra entre 16°31'10" Latitud Sur y 68°19'3" Longitud Oeste, a una altitud de 3901 msnm. El Centro Experimental de Kallutaca se encuentra a una distancia de 20 km de la Ciudad de La Paz (Google-Earth, 2024).



Fuente: Google-Earth (2024).

3.1.2. Características Edafoclimáticas

Clima: En la Estación Experimental de Kallutaca presenta un clima frío, la temperatura máxima promedio es de 17.5 °C, la temperatura media oscila entre 9.5 °C, la temperatura mínima desde -5 °C, con una precipitación de 435.6 mm y humedad relativa de 76% en promedio (SENAMHI, 2019).

Suelo: Se caracteriza por tener suelos predominantemente superficiales de color pardo oscuro y textura franca, donde se observa una notable presencia de grava y piedras. Estos suelos tienen un origen volcánico y han sufrido erosión tanto eólica como hídrica, especialmente debido a las lluvias típicas de la región altiplánica. Además, presentan deficiencias en nitrógeno, fósforo y potasio, lo que es evidente por su sequedad general. El pH del suelo oscila entre 5.5 y 7, mientras que la humedad del suelo se sitúa entre el 80% y el 85% (Quiape *et al.*, 2020).

Vegetación: La zona de estudio presenta una diversidad de especies cultivadas que se encuentran: papa (*Solanum tuberosum* sp.); Haba (*Vicia faba*); Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.); Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.); Trigo (*Triticum aestivum* L.). Entre las especies vegetales perennes y arbustivas, las mismas son consideradas plantas invasoras entre ellas se encuentran: Auja-auja (*Erodium cicutarium*); Cebadilla (*Bromus unioloides* Balh); Diente de león (*Taraxacum officinale*).

3.2. Materiales

Material genético: Para el presente trabajo de investigación se utilizó el material genético provenientes del Banco de Germoplasma de la Carrera Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto. Está constituido por 19 accesiones de tubérculos de diferentes colores y formas, recolectadas y reproducidas por el módulo de investigación de Kallutaca.

Material de campo: Los materiales de campo que se utilizaron durante el proceso de investigación fueron los siguientes materiales: flexómetro, cinta métrica, rastrillos, picotas, chontillas, marbetes, canastillas, redes de plástico, un calibrador vernier, balanza analítica y cuaderno de datos.

Material de escritorio: Para el material de gabinete se utilizó una computadora, cuaderno de registros, fotografías, impresora, hojas boom. Para el procesamiento de la información se

utilizó los paquetes estadísticos; Excel 2010 y SPSS versión 26, para plasmar los resultados en un documento final.

3.3. Métodos

Preparación del terreno: La preparación adecuada del terreno permite mejorar la estructura del suelo, facilitando la absorción de nutrientes. Comprende por tanto la ejecución de las labores culturales: limpieza del terreno que comprende el recojo de piedras, eliminación de malezas, desterroneo y nivelación (Flores, 2022).

Limpieza del terreno: La limpieza de terreno es importante realizar antes del inicio de una nueva siembra. Consiste en la eliminación de malezas, residuos de cultivos anteriores y otros obstáculos que puedan dificultar en el crecimiento de nuevas plantas. Se realizó de forma manual con la ayuda de una chuntilla para limpiar las malezas y hierbas que aparecieron en el terreno.

Desterronado y nivelado: Para el mullido del suelo, se realizó de forma manual utilizando una picota, alcanzando una profundidad de 40 cm. Posteriormente, se procedió al nivelado del terreno, logrando un suelo suelto, libre de malezas y con uniformidad adecuada para la siembra.

3.4. Área de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en dos platabandas (Ver Anexo 1) cada una con un área de 15,50 m. x 2 m. El material genético fueron 19 accesiones de oca que se distribuyeron en cada platabanda.

3.5. Siembra

La siembra se realizó en un ambiente de sequía que atravesaba todo el altiplano boliviano, en mediados del mes de Octubre de 2022 se procedió al sembrado de los tubérculos de forma manual utilizando chuntilla, a una distancia entre surcos de 70 cm, y entre tubérculos de 30 cm. Se trazó 19 surcos en cada platabanda y seis tubérculos por surco. Una vez hecha la apertura de los surcos se colocó las semillas de forma manual para garantizar la emergencia de plantas por accesión.

3.6. Labores culturales

Las prácticas culturales más comunes en el cultivo de la oca, son los deshierbes y los aporques: la superficie experimental se mantuvo libre de malezas para lo cual se procedió con el aporque durante sus fases fenológicas (formación de estolones, formación del botón floral y el inicio de la tuberización). El deshierbe del cultivo, se realizó a partir de la aparición de las primeras malezas indeseadas.

3.7. Distribución de marbetes a plantas

Para identificar a las plantas seleccionadas de una parcela es necesario colocarlos una etiqueta para realizar 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 seis plantas por accesión para distinguir durante el desarrollo vegetativo y durante la cosecha del tubérculo.

3.8. Riego

La campaña agrícola fue afectada por la falta de lluvias en todo el sector del altiplano perjudicando, la germinación de plantas 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 se realizó tres veces por semana, debido a que en los primeros meses no hubo precipitación, luego que la planta alcanzó los 30 cm, se rego dos veces por semana, respondiendo al estado del tiempo y al requerimiento del cultivo.

3.9. Fertilización

La oca se caracteriza por ser un cultivo rustico. Pero con el cambio climático es necesario aplicar fertilizante nitrofoska y kalifol plus 4 ml en 10 litros de agua para disminuir el efecto del factor físico (helada), que pueda ocasionar durante su desarrollo.

3.10. Monitoreo del factor abiótico

Helada: El primer registro de la helada fue en mes de diciembre donde las plantas eran sumamente pequeñas. En enero se registró por segunda vez, se utilizó abono granulado nitrofoska (5 g por planta) a fines de febrero las plantas estaban en un desarrollo vegetativo de gran importancia y por último en mes de abril la helada se presentó otra vez causando

daños a la inflorescencia y para ayudar a la planta se utilizó abono foliar (20-20-20) preparado en 10 litros de agua con una mochila pulverizador. Paz y Delgadillo (2023), mencionan que actualmente con el cambio climático, la helada fuera de la temporada afecta a la producción agrícola, causando una disminución e incluso la pérdida total de las cosechas en los cultivos.

3.11. Cosecha y evaluación de los tubérculos

La cosecha se realizó cuando alcanzo su maduración fisiológica tomando en cuenta el amarillamiento y secado de la planta. Los tubérculos fueron recogidos respetando la individualidad de cada accesión; posteriormente, se codificó y embolso, se llevó al banco de germoplasma para la caracterización, las variables cuantitativas fueron el número de tubérculos, peso de los tubérculos por planta y en las variables cualitativas corresponden el color predominante de los tubérculos, color secundario de los tubérculos, forma de los tubérculos, color predominante de la pulpa del tubérculo, color secundario de la pulpa de los tubérculos y forma de los tubérculos.

3.12. Tipo de investigación

Investigación Experimental

La investigación se centra en la recolección de datos tanto cuantitativos como cualitativos, los cuales son obtenidos durante la fase fenológica del cultivo de oca en una parcela experimental al aire libre. Esta metodología busca contrastar las distintas variables involucradas en el proceso de cultivo.

3.13. Metodología de evaluación

Para la caracterización de las accesiones de oca se utilizó el descriptor (IPGRI/CIP, 2001), con sus respectivos estados morfológicos de oca (planta, inflorescencia y tubérculo) tomando en cuenta las fases fenológicas del cultivo.

Los caracteres de la planta deben registrarse en plena floración (130 – 180 días después de la siembra, los caracteres del tubérculo por otro lado, deben registrarse inmediatamente después de la cosecha. Con excepción de la heterostilia que es registrada por la observación de una flor tomada al azar (IPGRI/CIP, 2001).

Se realizó como indica el descriptor, las accesiones fueron etiquetadas de manera correlativa y con su código, con la finalidad de ubicarlas para la caracterización.

Para el registro de datos de colores de la planta y sobre todo los tubérculos se utilizó el descriptor propuesto por la organización global de investigación Bioversity International utilizando la tabla de colores de la Royal Horticultural Society (RHS) sexta edición (2015).

3.14. Variables de respuesta

En cada una de las accesiones se evaluaron 27 caracteres morfológicos, de las cuales para efectos de análisis se consideraron 17 cualitativas (cinco de planta, cinco de la flor y siete del tubérculo) y Diez de variables cuantitativas. Para la medición de las variables estudiadas se utilizó el descriptor morfológico de oca.

3.14.1. Variables cuantitativas

Se evaluaron diversas variables cuantitativas en cada una de las 19 accesiones, utilizando como muestra los tubérculos sembrados. En general, se tomaron seis muestras por accesión, exceptuando a aquellas que no emergieron debido a diferentes factores abióticos. Para el análisis estadístico se tomó el promedio de los datos registrados de cada variable.

Cuadro 3. Resumen de variables cuantitativas evaluadas en el cultivo de oca, durante la campaña agrícola 2022 - 2023

Variable	Código	Descripción	Unidad de medida
Porcentaje de emergencia	PEM	Se contabilizó el total de las plantas emergidas de cada accesión	%
Diámetro de Tallo	DT	Para el registro del diámetro de los tallos, se tomó el dato de la parte central del tallo, para lo cual se utilizó un calibrador vernier como instrumento de medida.	mm
Altura de la Planta	AP	Esta variable se registró al momento de la floración, se midió desde la base del tallo hasta la parte superior de la planta utilizando un flexómetro como material de medición.	cm
Longitud de los folíolos	LF	Esta variable se registró al momento de la floración, se midió desde la base de la hoja hasta la parte superior de la hoja utilizando una regla de 30 cm como material de medición.	cm

Ancho de los folíolos centrales	AFC	Esta variable se registró al momento de la floración, se midió el ancho del folíolo central con una regla de 30 cm.	cm
Longitud del peciolo	LP	Medido desde la base de la estípula hasta la base de la nervadura central.	cm
Peso medio del tubérculo por planta	PMT	Se tomó el dato una vez cosechado los tubérculos, pesando los tubérculos obtenidos de cada planta. Para este procedimiento se utilizó una balanza electrónica.	kg
Número de tubérculo por planta	NTP	Para esta variable se contabilizaron los tubérculos obtenidos de cada planta.	Unidades
Número de yemas por tubérculo	NYT	Para esta variable se contabilizaron los números de yemas una vez obtenidas de cada tubérculo.	Unidades
Rendimiento	RDTO	El rendimiento se obtuvo mediante el promedio del peso de los tubérculos de cada accesión por el área de cada accesión sembrada.	t/ha

Fuente: Elaboración propia

3.14.2. Variables cualitativas

El registro de las variables cualitativas se fundamentó en los descriptores de *Oxalis tuberosa*, según el IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Genéticos de Plantas) (IPGRI/CIP, 2021). Los caracteres morfológicos empleados para la evaluación de las 19 accesiones de oca fueron los siguientes.

Cuadro 4. Resumen de las variables cualitativas evaluadas en el cultivo de oca durante la campaña agrícola 2022 - 2023

Variable	Código	Descripción	Valores de categorización
Color de los tallos aéreos	CTA	Esta variable se describió observando la pigmentación del color de los tallos al inicio de la floración.	1. Verde amarillento (145B) 2. Verde grisáceo predominante (194A) con rojo grisáceo (178C, D) 3. Rojo grisáceo (178C, D) 4. Púrpura rojizo ((59A, B) 5. Púrpura grisáceo (187A)
Pigmentación de las axilas	PA	Se observó la presencia o ausencia de la pigmentación de las axilas de cada accesión.	1. Ausente 2. Presente

Color del Follaje	CF	Se observó el color de follaje de cada accesión.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verde amarillento (145A) 2. Verde amarillento oscuro (146C) 3. Verde amarillento oscuro (146C) con púrpura grisáceo (186B) 4. Púrpura grisáceo (187A) con verde amarillento oscuro (146C)
Color del envés de los foliolos	CEF	Se caracterizó observando el color del envés de los foliolos de las plantas de cada accesión.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verde amarillento (145C) 2. Verde amarillento (145C) con nervadura rojo grisáceo (178A) 3. Verde amarillento (145C) con púrpura grisáceo irregularmente distribuido 4. Púrpura rojizo (59A) con verde amarillento irregularmente distribuido (146D)
Color del peciolo	CP	Esta variable fue registrada al inicio de la floración.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verde con estípulas blancas (155A) 2. Verde con estípulas púrpura grisáceo claro (186D) 3. Verde con estípulas púrpura grisáceo (186A-D) 4. Púrpura grisáceo (187B) con estípulas púrpura grisáceo oscuro (187A) 5. Rojo grisáceo (178A) con estípulas púrpura grisáceo oscuro (187A)
Hábito de floración	HF	Fue registrada durante la floración, observando la calidad de flores.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Ninguna 3 Escasa 5 Moderada 7 Abundante
Color de la flor	CFL	Esta variable se describió durante la floración.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Amarillo (13A) 2 Naranja amarillento (14A; 15A)
Heterostilia de las flores	HFL	Fue registrada tomando una flor al azar.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Brevistilia 2 Mesostilia 3 Longistilia 4 Semi homostilia 5 Fuertemente longistilia
Forma de la corola	FC	Esta variable se describió observando durante la población de cada accesión de acuerdo al descriptor propuesto.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Rotada ($\geq 75\%$ de pétalos superpuestos) 2 Semistrellada ($> 50\%$ de pétalos superpuestos) 3 Pentagonal (25 a 30% de pétalos superpuestos)
Color de los sépalos	CS	Se caracterizó observando los sépalos de las inflorescencias de las plantas.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Verde (145C; 137A, B) 2 Verde (145C; 137A, B) predominante con púrpura grisáceo (187B). 3 Púrpura grisáceo (183D, 187B)

Color del pedúnculo y pedicelo	CPP	Esta variable se describió observando la articulación hacia el ápice.	<ul style="list-style-type: none"> 1 Pedúnculo y pedicelo verde amarillento (145B, C) 2 Pedúnculo verde amarillento (145B) y pedicelo púrpura grisáceo (183C, 187B) 3 Pedúnculo y pedicelo púrpura grisáceo (187B) 4 Pedúnculo púrpura grisáceo (187B) y pedicelo verde amarillento (145B)
Color predominante de la superficie de los tubérculos	CPST	Esta variable se describió después de la cosecha de los tubérculos, utilizando tabla de colores	<ul style="list-style-type: none"> 1 Blanco (155D) 2 Blanco amarillento (158B) 3 Amarillo (10C, 13C) 4 Naranja amarillento (22B; 23B) 5 Rojo naranja (34C; 30D,C) 6 Rojo naranja oscuro (34A) 7 Rojo claro (rosado) (38A) 8 Rojo pálido (39B, 51B) 9 Rojo (52A-D; 53A-D) 10 Púrpura rojizo (71A) 11 Púrpura grisáceo claro (187D) 12 Púrpura grisáceo oscuro (187A)
Color secundario de la superficie de los tubérculos	CSST	Esta variable se describió observando el color secundario del tubérculo	<ul style="list-style-type: none"> 1 Ausente 2 Blanco (155D) 3 Blanco amarillento (158B) 4 Amarillo (13C) 5 Naranja amarillento (23B) 6 Rojo naranja (34C,30D,C)
Distribución del color secundario de la superficie de los tubérculos	DCSST	Esta variable fue registrada observando la distribución del color de acuerdo al descriptor propuesto.	<ul style="list-style-type: none"> 1 Ausente 2 Ojos 3 Alrededor de ojos 4 Sobre tuberizaciones 5 Ojos e irregularmente distribuidos 6 Irregularmente distribuido 7 Veteaduras sobre tuberizaciones principalmente
Color predominante de la pulpa de los tubérculos	CPPT	Esta variable se describió realizando un corte transversal del tubérculo.	<ul style="list-style-type: none"> 1 Blanco (155B-D) 2 Blanco amarillento (158B) 3 Amarillo (10C, 12C, 13C) 4 Naranja amarillento (22B, 23C) 5 Rojo naranja (30C, D; 34C) 6 Rojo (53A-D) 7 Rojo grisáceo (178C, D; 182A) 8 Púrpura rojizo (59A, B) 9 Púrpura grisáceo (187A, B)

Color secundario de la pulpa de los tubérculos	CSPT	Esta variable se describió realizando un corte transversal del tubérculo.	1 Ausente 2 Blanco (155D) 3 Blanco amarillento (158B) 4 Amarillo (12C) 5 Naranja amarillento (23C) 6 Rojo naranja (30C, D; 34C) 7 Rojo claro (rosado) (38A) 8 Rojo pálido (39B, 51B) 9 Rojo (53A-D) 10 Rojo grisáceo (182A) 11 Púrpura rojizo (59B) 12 Púrpura grisáceo (185 A-D);
Distribución del color secundario de la pulpa de los tubérculos	DCPT	Esta variable se describió realizando un corte transversal del tubérculo.	1 Ausente 2 Corteza 3 Anillo vascular 4 Médula 5 Anillo vascular y corteza 6 Médula y corteza
Forma de los tubérculos	FT	Se observó la forma de los tubérculos de cada accesión.	1 Ovoide 2 Claviforme 3 Alargado 4 Cilíndrico
Tolerancia a la helada	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.	1 Alta 2 Moderada 3 Baja

Fuente: Elaboración propia

3.15. Análisis de datos

Análisis descriptivo y distribución de frecuencias

El análisis descriptivo permite obtener resultados preliminares que facilitan la caracterización de datos cuantitativas y su distribución en diversas muestras. Este método proporciona una visión general completa de las características y patrones presentes en el conjunto de datos. Al utilizar estadísticas descriptivas, como medidas de tendencia central y dispersión, así como representaciones gráficas, se logra una comprensión más profunda de la estructura y tendencias del conjunto de datos. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó el software estadístico SPSS versión 26.

Análisis de correlación de Pearson para variables cuantitativas

La correlación simple de Pearson se utiliza para evaluar el grado de asociación entre dos variables. Su valor puede variar entre -1 y +1: valores cercanos a +1 indican una correlación positiva, mientras que aquellos próximos a -1 reflejan una correlación negativa. Un valor cercano a 0 debe interpretarse con precaución, ya que puede sugerir independencia entre las variables o la presencia de una relación no lineal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Datos climáticos

Los datos climáticos (temperatura y precipitación) provienen de la Estación Experimental Kallutaca de la Carrera Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto. Estos valores comprenden mediciones desde el mes de Octubre de 2022 hasta el mes de mayo de 2023, periodo en el que se realizó el trabajo de campo.

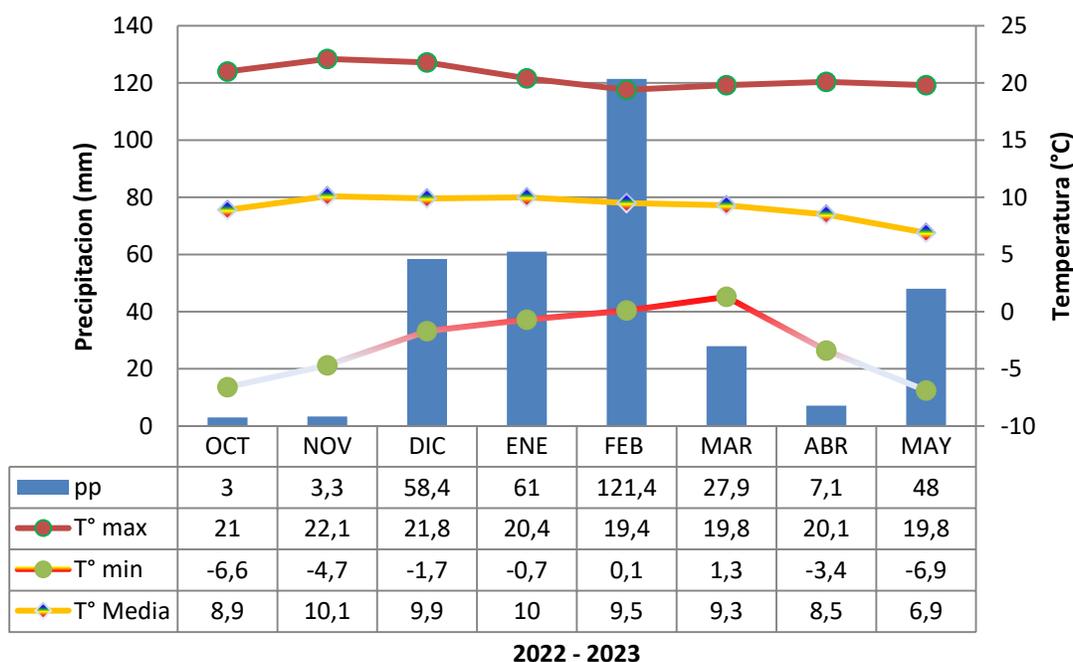


Figura 2. Datos de temperatura (Máx. - Mín.) y precipitación registrada en la Estación Meteorológica de la Carrera de Ingeniería Agronómica durante la campaña agrícola 2022-2023

En la Figura ya mencionada, las temperaturas mínimas presentaron en los meses de octubre $-6,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, noviembre $-4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, diciembre $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, afectando a la emergencia de las plantas y al desarrollo vegetativo, durante la campaña agrícola 2022-2023 y el periodo crítico que se presentó fue en el mes de abril $-3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, ocasionando quemaduras en las hojas por causa de la helada. Durante los meses de la campaña agrícola la temperatura máxima oscila de $19,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $21,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ se encuentra en un rango donde no afecta de gran manera al cultivo, así mismo las temperaturas no son adecuadas para la producción de tubérculos, lo que puede afectar al desarrollo de la planta.

Una temperatura adecuada favorece el desarrollo de la vegetación, la absorción de agua y nutrientes, así como crecimiento de las plantas. Por el contrario, las bajas temperaturas dificultan la captación de agua debido a su menor viscosidad y ralentizan el proceso de fotosíntesis. La falta de calor representa una condición desfavorable para los microorganismos del suelo, ya que un metabolismo reducido implica una menor liberación de nutrientes y agua, que las plantas pueden aprovechar. Además, el crecimiento tanto de raíces como de brotes se ve afectado, lo que ralentiza el crecimiento global de la planta (Cherlinka, 2021).

Las precipitaciones registradas en la Estación Experimental Kallutaca, durante la campaña agrícola 2022-2023, alcanzaron un valor de $121,4\text{ mm}$, en la (Figura 2), donde se observa las precipitaciones durante el transcurso de la investigación, en los primeros meses existe carencia de lluvias, las precipitaciones presentaron en mes de diciembre con una baja intensidad de $58,4\text{ mm}$, en mes de febrero $121,4\text{ mm}$, se registra la mayor cantidad e intensidad de precipitación pluvial y en los últimos meses existe una disminución de lluvias en el altiplano.

La humedad del suelo es importante para la agricultura, si hay exceso o déficit de agua las plantas pueden morir, el contenido de la humedad del suelo depende de muchos factores externos, principalmente las condiciones meteorológicas y los cambios climáticos (Cherlinka, 2023).

4.2. Análisis estadístico de variables cuantitativas

En el Cuadro 5 y 6, se puede observar y describir las variables cuantitativas: Porcentaje de Emergencia (PEM), diámetro de tallo (DT), altura de la planta (AP), longitud de los folíolos (LF), ancho de los folíolos centrales (AFC), longitud del peciolo (LP), peso medio del

tubérculo (PMT), número de tubérculo por planta (NTP), número de yemas por tubérculo (NYT) y rendimiento (RDTO).

Cuadro 5. Estadísticas descriptivas de Porcentaje de Emergencia, diámetro de tallo, altura de la planta, longitud de los folíolos, ancho de los folíolos centrales evaluadas durante la campaña agrícola 2022-2023 en la Estación Experimental Kallutaca.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	D.E.	Asimetría	Curtosis
PEM	55,0	90,0	73,95	73,33	12,08	0,12	-1,33
DT•	0,67	1,60	1,11	1,15	0,23	0,35	0,26
AP••	12,0	35,0	22,72	22,5	6,44	-0,17	-0,77
LF••	1,50	2,30	1,81	1,78	0,22	0,72	0,55
AFC••	1,77	2,53	2,04	2	0,20	1,10	0,99

mm•, cm••, D.E.= Desviación estándar

Los resultados del porcentaje de emergencia, tiene promedio de 73,95 % de brotamiento y la mediana de 73,3%, la desviación estándar de 12,08%, la asimetría tiene una tendencia de 0,12%, los datos de curtosis están agrupadas de manera platicurtica -1,33%, y los rangos de emergencia varían de 55% a 90%, la accesión OT-024 presenta menor porcentaje de emergencia y la mayoría de las plantas emergieron al 90%. Según Nina (2018), observó que el 50% a 57% plantas emergieron, los factores climáticos afectaron a la emergencia de la planta.

Con respecto al diámetro del tallo, presentado en el Cuadro 5, se registró una media de 1,11 mm con desviación estándar de 0,23 mm. El diámetro mínimo registrado fue de 0,67 mm para la accesión OT-019, mientras que el máximo alcanzó 1,60 mm en la accesión OT-017. Valores similares fueron registrados por Sarmiento (2010), el diámetro principal presentó una media aproximada de 0,97 cm siendo la mínima 0,59 cm, y la máxima de 1,40 cm de diámetro de tallo.

Los resultados para este variable altura de la planta presentada en el Cuadro 5, se tiene una media de 22,72 cm con una desviación estándar de 6,44 cm. La altura mínima registrado 12 cm para la accesión OT-006, mientras que la máxima fue de 35 cm, para la accesión OT-028. Según Chura (2024), la altura de la planta obtenidos oscila entre una media de 26,8 con una desviación estándar de 5,71 cm, la altura mínima que se registró fue de 15,6 cm y la máxima de 37,9 cm.

Para la variable longitud de los foliolos, se obtuvo una media de 1,81 cm, con una desviación estándar de 0,22 cm. La longitud mínima registrada fue de 1,5 cm, mientras que la máxima alcanzó 2,3 cm.

En relación con el ancho de los foliolos centrales, se registró una media de 2,04 cm con una desviación estándar de 0,20 cm, lo que refleja una variabilidad moderada en las mediciones. El ancho mínimo observado fue de 1,77 cm, mientras que el valor máximo alcanzó los 2,53 cm, evidenciando una diferencia de 0,76 cm entre ambos extremos. Estos resultados destacan la diversidad en las dimensiones de los foliolos centrales, posiblemente influida por factores genéticos o ambientales en las accesiones evaluadas.

Cuadro 6. Estadística descriptiva de longitud del peciolo, peso medio del tubérculo, número de tubérculo por planta, número de yemas por tubérculo y rendimiento evaluadas en la campaña agrícola 2022-2023 en la Estación Experimental Kallutaca.

VARIABLES	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	D.E.	Asimetría	Curtosis
LP•	4,33	8,08	5,80	5,52	0,98	0,58	-0,02
PMT••	0,18	0,59	0,37	0,35	0,11	0,19	-0,50
NTP	4,33	41,40	21,57	19,2	10,66	0,14	-0,97
NYP	6,00	15,00	9,25	8,8	2,55	0,73	0,03
RDTO•••	8,70	28,30	16,70	17,47	5,51	0,22	-0,48

cm•, kg*planta••, t/ha•••, D.E.= Desviación estándar

La variable longitud del peciolo se registró una media de 5,8 cm, con una desviación estándar de 0,98 cm. El valor mínimo registrado para la variable de longitud del peciolo fue de 4,3 cm, para la accesión OT-015 y la máxima fue de 8,1 cm para la accesión OT-002.

En cuanto al peso medio del tubérculo (PMT), se registró un promedio de 0,37 kg por planta, con una desviación estándar de 0,11 kg por planta. El peso mínimo registrado fue de 0,18 kg por planta, correspondiente a la accesión OT-024, mientras que el peso máximo fue de 0,59 kg por planta, observado en la accesión OT-027.

El número de tubérculos por planta se registró una media de 21,57 con una desviación estándar de 10,66. El mínimo registrado fue de 4 tubérculos por planta para la accesión OT-030, mientras que el máximo fue de 41 tubérculos por planta para la accesión OT-018. Según Chura (2024), menciona que el peso de los tubérculos obtenidos por la planta oscila entre 0,15 kg por planta y 0,93 kg por planta y el número de tubérculos por planta oscila entre 15 a 57 tubérculos.

En cuanto al variable número de yemas por tubérculo, se registró una media de 9,25, con una desviación estándar de 2,55. El número mínimo registrado fue de 6 yemas por tubérculo, correspondiente a las accesiones OT-006 y OT-030, mientras que el máximo registrado fue de 15 yemas por tubérculo, observado en la accesión OT-020.

Respecto al rendimiento, se tiene como media un valor de 16,70 t/ha con una desviación estándar de 5,51 t/ha. El rendimiento más bajo registrado fue de 8,70 t/ha corresponde a la accesión OT-024, mientras que el rendimiento más alto registrado fue de 28,30 t/ha, observado en la accesión OT-020. Según Nina y Murillo (2018), mencionan que los rendimientos promedios de los tubérculos de oca en diferentes altitudes son de 0.67 t/ha en zonas altas, 0.72 t/ha en zonas medias y 0.3 t/ha en zonas bajas. Es importante destacar que estos rendimientos están influenciados por varios factores, como el tamaño de la parcela, la fertilización, el riego, así como por factores bióticos y abióticos, además de las características genéticas de cada ecotipo de oca.

4.3. Análisis estadístico de variables cualitativas

Los resultados estadísticos descriptivos cualitativos son observados en las 19 accesiones. A continuación, se proporcionan las frecuencias de cada variable cualitativa evaluada, indicando tanto la frecuencia nominal como la frecuencia porcentual, en función de sus características comunes.

4.4. Características de la planta

Las características de la planta corresponden a color de los tallos aéreos (CTA), pigmentación de las axilas (PA), color del follaje (CF), color del envés de los folíolos (CEF) y color del peciolo (CP) evaluadas durante la fase de floración, los cuales se detallan en el siguiente Cuadro 7:

Cuadro 7. Descripción de características de la planta de las 19 accesiones de oca, evaluadas durante la campaña 2022-2023

Variable	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Color de los tallos aéreos	Verde amarillento	13	68
	Verde grisáceo predominante con rojo grisáceo	6	32
	Total	19	100
Pigmentación de las axilas	Ausente	8	42
	Presente	11	58
	Total	19	100

Color del follaje	Verde amarillento	6	32
	Verde amarillento oscuro	11	58
	Verde amarillento oscuro con purpura grisáceo	2	10
	Total	19	100
Color del envés de los foliolos	Verde amarillento	11	58
	Verde amarillento con nervadura rojo grisáceo	1	5
	Verde amarillento con purpura grisáceo irregularmente distribuido	6	32
	Purpura rojizo con verde amarillento irregularmente distribuido	1	5
	Total	19	100
Color del peciolo	Verde con estipulas blancas	13	68
	Verde con estipulas purpura grisáceo claro	2	11
	Verde con estipulas purpura grisáceo	4	21
	Total	19	100

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 8. Descripción del color de los tallos aéreos (CTA) y color del peciolo (CP)

		Color del peciolo			Total
		Verde con estipulas blancas	Verde con estipulas purpura grisáceo claro	Verde con estipulas purpura grisáceo	
Color de los	Verde amarillento	10	0	3	13
tallos aéreos	Verde grisáceo con rojo grisáceo	3	2	1	6
Total		13	2	4	19

En referencia al Cuadro 8, un total de 13 accesiones presentaron un color de tallo verde amarillento. Entre estas 10 accesiones mostraron un tono verde con estipulas blancas mientras que las tres accesiones mostraban un tono verde con estipulas purpura grisáceo. Además, 6 accesiones mostraron un color de tallo predominante descrito como verde grisáceo, con rojo grisáceo, dentro de este grupo tres accesiones presentaron peciolo verde con estipulas blancas, dos accesiones con estipulas verde con purpura grisáceo claro y una accesión con estipulas verde purpura grisáceo.

Valores similares fueron descritos por Chura (2024), describió que el color de tallos aéreos de los 25 accesiones evaluadas, 18 accesiones presentaron un coloración verde amarillento,

cinco accesiones de color verde grisáceo con rojo grisáceo, una accesión rojo grisáceo y finalmente una accesión de purpura rojizo.

Cuadro 9. Descripción del color del follaje (CF) y color del envés de los folíolos (CEF)

		Color del envés de los folíolos				Total
		Verde amarillento	Verde amarillento con nervadura roja grisácea	Verde amarillento con purpura grisácea irregularmente distribuido	Purpura rojizo con verde amarillento irregularmente distribuido	
Color del follaje	Verde amarillento	3	0	3	0	6
	Verde amarillento oscuro	8	1	2	0	11
	Verde amarillento oscuro con purpura grisácea	0	0	1	1	2
Total		11	1	6	1	19

De acuerdo al Cuadro 9, se identificaron seis accesiones con un color de follaje descrito como verde amarillento, entre estas tres accesiones mostraron una coloración verde amarillenta en el envés de los folíolos, mientras que las tres accesiones presentaron en el envés de los folíolos un color verde amarillento con purpura grisácea.

Del mismo modo 11 accesiones se caracterizaron con un follaje de color verde amarillento oscuro, ocho accesiones presentaron un color verde amarillento en el envés de los folíolos, una accesión de color verde amarillento con nervadura roja grisácea, dos accesiones mostraron un color de verde amarillento con purpura grisácea irregularmente distribuido. Y dos accesiones exhibieron color del follaje verde amarillento oscuro con purpura grisácea, con un color del envés de los folíolos verde amarillento con purpura grisácea irregularmente distribuido, y finalmente una accesión de color de los folíolos purpura rojizo con verde amarillento irregularmente distribuido.

Valores similares fueron registrados por Chura (2024), para el color del follaje de las 25 accesiones, siete accesiones de verde amarillento, cuatro accesiones de coloración verde

amarillento en el envés de los folíolos, dos accesiones exhibieron follaje verde amarillento con nervaduras rojo grisáceo, y una accesión de color verde amarillento con púrpura grisáceo irregularmente distribuido. 15 accesiones de un color de follaje verde amarillento oscuro, 11 accesiones presentaron un color verde amarillento en el envés de los folíolos, y tres accesiones mostraron un color verde amarillento con púrpura grisáceo irregularmente distribuido. Tres accesiones exhibieron follaje verde amarillento oscuro con púrpura grisáceo, con un color verde amarillento en el envés de los folíolos con púrpura grisáceo irregularmente distribuido.

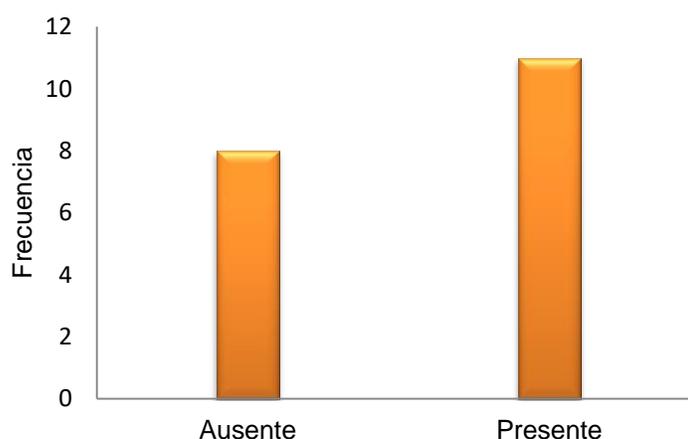


Figura 3. Pigmentación de las Axilas (PA)

Con respecto a la (Figura 3), la variable pigmentación de las axilas de las 19 accesiones evaluadas, 11 accesiones presentan pigmentación en las axilas en la ramificación de la planta y el restante ocho accesiones no presentan pigmentación en las axilas.

Con respecto a esta variable Chura (2024), describió de las 25 accesiones evaluadas el 19 de las accesiones presento pigmentación en las axilas y seis no presento pigmentación en las axilas.

4.5. Características de inflorescencia

Son las que corresponden a las características de la inflorescencia entre ellas se pueden identificar las siguientes variables: Hábito de floración (HF), color de la flor (CF), heterostilia de las flores (HFL), forma de la corola (FC), color de los sépalos (CS), y color del pedúnculo y pedicelo (CPP).

Cuadro 10. Descripción de características de inflorescencia

Variable	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Hábito de floración	Escasa	6	32
	Moderada	1	5
	Abundante	3	16
	Ausencia de hábito de floración	9	47
	Total	19	100
Color de la flor	Amarillo	8	42
	Naranja amarillento	2	11
	Ausencia de color de la flor	9	47
	Total	19	100
Heterostilia de las flores	Brevistilia	3	16
	Mesostilia	4	21
	Longistilia	2	11
	Ausencia de heterostilia de las flores	10	53
	Total	19	100
Forma de la corola	Semistrellada	2	11
	Pentagonal	7	37
	Ausencia de forma de la corola	10	53
	Total	19	100
Color de los sépalos	Verde	10	53
	Ausencia de color de los sépalos	9	47
	Total	19	100
Color del Pedúnculo y pedicelo	Pedúnculo y pedicelo verde amarillento	4	21
	Pedúnculo y pedicelo purpura grisácea	2	11
	Pedúnculo purpura grisácea y pedicelo verde amarillento	4	21
	Ausencia de color del pedúnculo y pedicelo	9	47
	Total	19	100

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11. Descripción de hábito de floración (HF) y color de la flor (CF)

		Color de la Flor			Total
		Amarillo	Naranja amarillento	Ausencia de color de la flor	
Hábito de floración	Escasa	5	1	0	6
	Moderada	1	0	0	1
	Abundante	2	1	0	3
	Ausencia de hábito de floración	0	0	9	9
Total		8	2	9	19

En referencia al Cuadro 11, un total de seis plantas presentaron un hábito de floración escasa cinco accesiones de color amarillo y una accesión de naranja amarillento, una accesión de hábito de floración moderada con color de la flor amarillo. Tres accesiones presentaron hábito de floración abundante, dos de color amarillo y una de color naranja

amarillento. Nueve accesiones presentaron ausencia de hábito de floración y de color de la flor.

Valores similares fueron registrados por Calle (2022), para el hábito de la floración, mencionó que, de los 75 accesiones evaluadas, el 36% de las accesiones no presenta ningún hábito de floración, 47% presentan una floración escasa, 17% una floración moderada.

Cuadro 12. Descripción de heterostilia de las flores (HF) y forma de la corola (FC)

		Forma de la corola			Total
		Semistrellada	Pentagonal	A. de forma de la corola	
Heterostilia de las flores	Brevistilia	1	2	0	3
	Mesostilia	1	3	0	4
	Longistilia	0	2	0	2
	A. de heterostilia de las flores	0	0	10	10
Total		2	7	10	19

En referencia al Cuadro 12, hubo un total de tres accesiones de heterostilia de las flores identificada como brevistilia entre ellas una presenta forma de la corola semiestrellada y dos de forma pentagonal. Del total de cuatro accesiones con heterostilia de las flores caracterizadas como mesostilia, entre ellas uno presentaba de forma de corola semiestrellada y tres de forma pentagonal. Diez accesiones presentaron forma de la corola y heterostilia de las flores ausentes.

Cuadro 13. Descripción del color de los sépalos (CS) y color del pedúnculo y pedicelo (CPP)

		Color del Pedúnculo y pedicelo				Total
		Pedúnculo y pedicelo verde amarillento	Pedúnculo y pedicelo purpura grisáceo	Pedúnculo purpura grisácea y pedicelo verde amarillento	Ausencia de color del pedúnculo y pedicelo	
Color de los sépalos	Verde	4	2	4	0	10
	A. de color de los sépalos	0	0	0	9	9
Total		4	2	4	9	19

Como podemos observar en el Cuadro 13, Diez accesiones presentaron color de los sépalos verde, de los cuales cuatro accesiones exhibieron pedúnculo y pedicelo verde amarillento, dos plantas presentaron pedúnculo y pedicelo de color purpura grisáceo y cuatro plantas se caracterizaron color del pedúnculo purpura grisáceo y pedicelo verde amarillento. Nueve accesiones presentaron la ausencia de color de los sépalos y color del pedúnculo y pedicelo.

4.6. Características del tubérculo

Son las que corresponden a las características del tubérculo, entre ellas se pueden identificar las siguientes variables: Color predominante de la superficie de los tubérculos (CPTS), color secundario de la superficie de los tubérculos (CSST), distribución del color secundario de la superficie de los tubérculos (DCSST), color predominante de la pulpa del tubérculo (CPPT), color secundario de la pulpa de los tubérculos (CSPT), distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo (DCPT), forma de los tubérculos (FT).

Cuadro 14. Descripción de las características del tubérculo

Variable	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Color predominante de la superficie de los tubérculos	Blanco amarillento	3	16
	Amarillo	3	16
	Naranja amarillento	3	16
	Rojo naranja	2	11
	Rojo claro (rosado)	3	16
	Rojo	3	16
	Purpura grisáceo claro	1	5
	Purpura grisáceo oscuro	1	5
	Total	19	100
Color secundario de la superficie de los tubérculos	Ausente	5	26
	Blanco	2	11
	Blanco amarillento	2	11
	Amarillo	2	11
	Naranja amarillento	3	16
	Rojo naranja	1	5
	Rojo claro (rosado)	1	5
	Rojo pálido	1	5
	Rojo	2	11
Total	19	100	
Distribución del color secundario de los tubérculos	Ausente	5	26
	Ojos	4	21
	Alrededor de ojos	3	16
	Ojos e irregularmente distribuidos	2	11
	Irregularmente distribuido	3	16
	Veteaduras sobre tuberizaciones principalmente	2	11
	Total	19	100

Fuente: Elaboración propia

Las muestras analizadas del color predominante de la superficie de los tubérculos en el Cuadro 14, mostraron con mayor frecuencia el color blanco amarillento, amarillo, naranja amarillento, rojo claro (rosado) y rojo con 16% seguido de las muestras con el color rojo naranja 11%, el color predominante de la superficie de los tubérculos purpura grisáceo claro y oscuro 5% se observaron en menor frecuencia. De forma similar Calle (2022), identificó en las 75 accesiones caracterizadas el color predominante de los tubérculos que el 39% presenta

de color amarillo, 25% blanco amarillento, 9% de naranja amarillento, 7% rojo claro y en menor cantidad 3% de purpura grisáceo.

En el Cuadro 14, se observa que el 26% de las muestras realizadas mostraron una ausencia del color secundario de la superficie de los tubérculos, el 16% de color secundario de la superficie presentaron naranja amarillento, de la misma manera el color blanco amarillento, amarillo, rojo presentan una frecuencia de 11%, color secundario de la superficie de los tubérculos rojo naranja, rojo claro (rosado) y rojo pálido 5% presentan en menor frecuencia. Según Cruz (2018), menciona que el 25% presenta la ausencia del color secundario de la superficie del tubérculo, 16,2% rojo pálido, 11,8% purpura rojizo, 8,8% purpura grisáceo, 2,9% rojo naranja, blanco amarillento, amarillo.

La distribución de los colores secundarios de los tubérculos se detalla en el Cuadro 14, se observa con mayor frecuencia el 26% carece de la distribución del color secundario de los tubérculos, 21% se encuentra distribuida el color secundario de los tubérculos en los ojos e irregularmente distribuidos y en menor cantidad 11% de los tubérculos se encuentra distribuido alrededor de los ojos. Según Chura (2024), mencionó que de las 25 accesiones evaluadas, del distribución de color secundario de la superficie de los tubérculos, ocho accesiones presentan distribución en los ojos, siete accesiones sobre los ojos e irregularmente distribuidos, cuatro no presentaron ningún color, tres ecotipos sobre tuberización y dos accesiones presentaron del color secundario irregularmente distribuido.

Cuadro 15. Descripción de las características de la pulpa del tubérculo

Variable	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Color predominante de la pulpa de los tubérculos	Blanco amarillento	4	21
	Amarillo	9	47
	Naranja amarillento	2	11
	Rojo	2	11
	Purpura rojizo	1	5
	Purpura grisáceo	1	5
	Total	19	100
Color secundario de la pulpa de los tubérculos	Ausente	2	10,5
	Blanco	4	21,1
	Blanco amarillento	2	10,5
	Amarillo	6	31,6
	Rojo claro (rosado)	1	5,3
	Rojo pálido	2	10,5
	Rojo	2	10,5
Total	19	100	
Distribución del color secundario de la pulpa de los tubérculos	Ausente	1	5
	Corteza	2	11
	Anillo vascular	2	11
	Medula	9	47
	Anillo vascular y corteza	1	5

	Medula y corteza	4	21
	Total	19	100
Forma del tubérculo	Ovoide	4	21
	Claviforme	8	42
	Alargado	3	16
	Cilíndrico	4	21
	Total	19	100
Tolerancia a la helada	Baja	8	42
	Moderada	3	16
	Alta	8	42
	Total	19	100

Fuente: Elaboración propia

Según el Cuadro 15, se observa que el color predominante de la pulpa de los tubérculos, mostraron que el 47% poseen en amarillo como color predominante de la pulpa del tubérculo, 21% blanco amarillento, 11% naranja amarillento, 11% rojo y 5% púrpura rojizo, púrpura grisáceo mostraron con menor frecuencia del color predominante de la pulpa del tubérculo. Otro estudio de Cruz (2018), muestra que el color amarillo (67.6%) es el más predominante, seguido del blanco amarillento (19.1%) y naranja amarillento (11.8%).

En la Cuadro 15, el color secundario de la pulpa, resulto con mayor frecuencia 31,6% son de color amarillo, 21,1% blanco, 10,5% rojo pálido, 10,5% rojo, 10,5% blanco amarillento, 10,5% carece de color secundario del tubérculo y el 5,3% rojo claro (rosado), en menor frecuencia. Otro estudio de Calle (2022), menciona que el 48% color secundario de la pulpa del tubérculo es amarillo, 9% blanco, 3% naranja amarillento.

Según el Cuadro 15, la distribución del color secundario de la pulpa, muestra que el 47% de las accesiones tiene el color secundario de la pulpa de los tubérculos en la medula, 21% en la medula de la corteza, 11% corteza, 11% en el anillo vascular, 5% en el anillo vascular de la corteza.

Finalmente en el Cuadro 15, la forma de los tubérculos, mostraron que la población en estudio 42% de las accesiones tiene de forma claviforme, 21% ovoide, 21% cilíndrico, 16% de forma alargado. De forma similar Calle (2022), identificó en las 75 accesiones evaluadas la forma de los tubérculos en su mayoría es de forma claviforme con un porcentaje de 41%, el 33% de forma cilíndrica, 19% de forma ovoide y el 7% de forma alargada.

4.7. Factores abióticos

El factor abiótico que se presentó durante la campaña agrícola fue la helada, la cual afectó principalmente al cultivo, provocando la marchitez de las hojas. Algunas accesiones no

mostraron las características de inflorescencia esperadas durante la campaña agrícola 2022-2023 en la Estación Experimental Kallutaca. Asimismo, se evidenció la tolerancia y/o resistencia existente entre las diferentes accesiones.

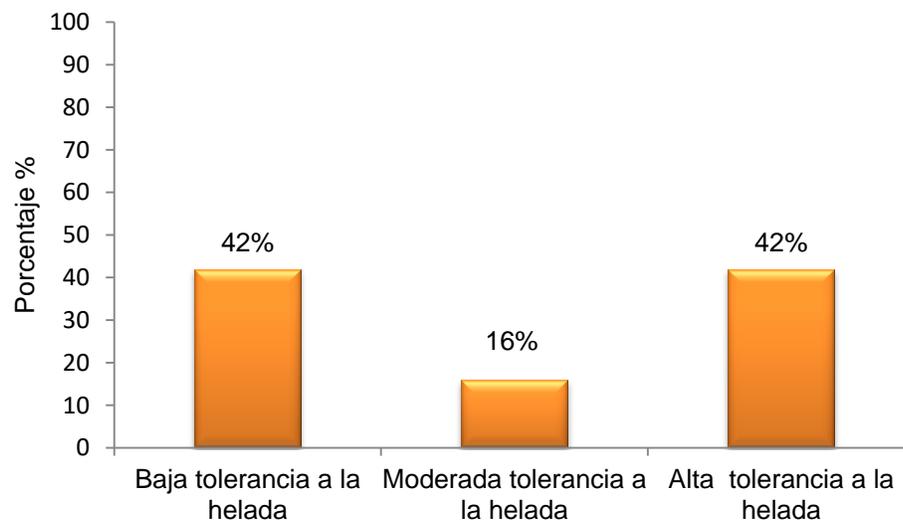


Figura 4. Comparación del porcentaje de la tolerancia de la helada

Según la Figura 4, en el mes de abril, registraron heladas inesperadas de mayor intensidad, lo que afectó principalmente la fase fenológica de floración de los cultivos, interrumpiendo el desarrollo normal de las plantas.

En cuanto a la tolerancia a la helada las accesiones evaluadas, se observó que las accesiones OT-002, OT-023, OT-027, OT-017, OT-029, OT-018, OT-021 y OT-024 mostraron una notable alta tolerancia a las heladas. Por el contrario, las accesiones OT-011, OT-022, OT-015, OT-001, OT-018, OT-006, OT-030 y OT-019 presentaron una baja tolerancia a la helada, viéndose más afectadas por las heladas. Finalmente, las accesiones OT-016, OT-026 y OT-028 demostraron una tolerancia moderada, lo que sugiere que, aunque sufrieron daños, lograron sobrellevar las bajas temperaturas con un impacto menor en comparación con las accesiones menos tolerantes.

4.8. Análisis de correlación

Según Alquicira (2017), menciona que el análisis de Pearson puede tomar valores entre -1 (indica que existe una relación negativa entre las dos variables) y +1 (indica que existe una relación positiva entre las dos variables).

Cuadro 16. Análisis de resultados de correlación de Pearson para variables cuantitativas: PEM (porcentaje de emergencia), DT (diámetro de tallo), AP (altura de la planta), LF (longitud de los foliolos), LFC (longitud de los foliolos centrales), LP (longitud del peciolo), LPD (longitud del pedúnculo), PMT (peso medio del tubérculo), NTP (número de tubérculos por planta), NYT (número de yemas por tubérculo).

	PEM	DT	AP	LF	LFC	LP	PMT	NPT	NYT	RDTO
PEM	1									
DT	0,231	1								
AP	0,462*	0,704**	1							
LF	0,082	0,852**	,768**	1						
LFC	-0,243	0,453	0,385	0,618**	1					
LP	0,366	0,420	0,606**	0,461*	0,315	1				
PMT	0,608**	0,130	0,245	0,083	-0,394	0,149	1			
NPT	0,442	0,584**	0,853**	0,593**	0,288	,733**	0,277	1		
NYT	0,023	0,634**	0,753**	0,676**	0,511*	0,431	-0,088	0,678**	1	
RDTO	0,610**	0,138	0,246	0,076	-0,403	0,147	1,000**	0,279	-0,086	1

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

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

- a) Correlación significativa del variable porcentaje de emergencia (%), peso medio del tubérculo (PMT), Rendimiento (RDTO).

Según el Cuadro 16, la variable porcentaje de emergencia del análisis de correlación de Pearson, las variables que presentaron mayor correlación ($p=0,01\%$) son: porcentaje de emergencia muestra una correlación significativa con la variable peso del tubérculo $r=0,608$, y rendimiento con $r=0,610$, lo que permite deducir que cuanto mayor sea el porcentaje de emergencia de la planta tendrá mayor crecimiento y rendimiento del tubérculo.

- b) Correlación significativa del variable diámetro de tallo (DT), longitud del foliolo (LF), número de tubérculos por planta (NTP) y número de yemas por tubérculo (NYT).

De acuerdo a los resultados del análisis de correlación de Pearson del Cuadro 16, las variables que presentan mayor correlación ($p=0,01\%$), son las siguientes: La variable diámetro de tallo (DT) exhibe una correlación notablemente significativa con la variable longitud de los foliolos (LF) mostrando un valor de coeficiente de $r=0,852$. De manera similar, la variable altura de la planta (AP) $r=0,704$, número de tubérculos por planta (NTP) $r=0,584$ y la variable número de yemas por tubérculo $r=0,634$. Lo que permite deducir que a mayor diámetro de tallo, tendrá buena altura de planta con buen follaje y permitirá tener mayor cantidad de tubérculos.

- c) Correlación significativa de la variable altura de la planta (AP), longitud de los foliolos (LF), longitud del peciolo (LP), número de tubérculo por planta (NTP) y número de yemas por tubérculo (NTY).

Según el Cuadro 16, la variable altura de planta (AP) demuestra fuertes correlaciones al ($p=0.01$) con longitud de los foliolos (LF) $r= 0,768$, y de manera similar con longitud del peciolo (LP) $r=0,606$, número de tubérculos por planta (NTP) $r=0,853$ y la variable número de yemas por tubérculo (NYT) $r=0,753$. Lo que permite deducir que cuando mayor altura sea la planta, tendrá una buena longitud de los foliolos, lo que permitirá tener una buena cantidad de tubérculos y número de yemas.

- d) Correlación significativa de la variable longitud de los foliolos (LF), longitud de los foliolos centrales (LFC), número de tubérculos por planta (NTP) y número de yemas por tubérculo (NYT).

La variable longitud de los foliolos demuestra una correlación significativa con un valor de ($p=0,01$) con longitud de los foliolos centrales (LFC) $r=0,618$, Numero de tubérculos por planta $r=0,593$, número de yemas por tubérculo $r=0,676$. Esto implica que a medida que aumenta longitud de los foliolos, también aumenta la longitud de los foliolos centrales, y tendrá mayor cantidad de tubérculos por planta.

- e) Correlación significativa de la variable peso medio del tubérculo (PMT) y rendimiento (RDTO)

Según el Cuadro 16, la variable peso medio del tubérculo muestra mayor correlación significativa de ($p=0,01$), con rendimiento (RDTO) $r=1,000$. Lo que se deduce que cuando sea mayor cantidad de peso de tubérculo, aumentara el rendimiento.

De acuerdo con Calle (2022), quien del mismo modo encontró un mayor grado de correlación entre caracteres positivos y caracteres negativos de similitud en número de tubérculos, peso de tubérculos por planta, número de tubérculos promedio por planta, longitud, diámetro del tubérculo.

4.9. Prueba de independencia

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

Cuadro 17. Cuadro de contingencia Forma de la Corola (FC), Color del envés de los foliolos (CEF) y Color del pedúnculo y pedicelo (CPP)

		Forma de la corola			Total
		Semistrellada	Pentagonal	Ausencia de la forma de la corola	
Color del envés de los foliolos*	Verde amarillento	0,00%	15,80%	42,10%	57,90%
	Verde amarillento con nervadura rojo grisáceo	0,00%	5,30%	0,00%	5,30%
	Verde amarillento con purpura grisáceo	5,30%	15,80%	10,50%	31,60%
	Purpura rojizo con verde amarillento	5,30%	0,00%	0,00%	5,30%
Total		10,50%	36,80%	52,60%	100,00%
Color del Pedúnculo y Pedicelo**	Pedúnculo y pedicelo verde amarillento	0,00%	15,80%	5,30%	21,10%
	Pedúnculo y pedicelo purpura grisáceo	5,30%	5,30%	0,00%	10,50%
	Pedúnculo purpura grisáceo y pedicelo verde amarillento	5,30%	15,80%	0,00%	21,10%
	Ausencia de color del pedúnculo y pedicelo	0,00%	0,00%	47,40%	47,40%
Total		10,50%	36,80%	52,60%	100,00%

*Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0,037 *

**Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0,004 **

En el Cuadro 17, muestra una dependencia entre las variables forma de la corola con color envés de los foliolos y color del pedúnculo y pedicelo con una significancia de 0,037, 0,004 y $0,000 < 0,05$. También se puede observar el 57,9% del color del envés de los foliolos identificados con color verde amarillento, entre ellas el 42,1% carece de la forma de la corola, el 15,8 % presenta de forma pentagonal. Del total 31,6% del color envés de los foliolos con color verde amarillento con purpura grisáceo, 15,8% presenta la corola pentagonal, 5,3% semiestrellada y el 10,5% carece de corola. Un total de 5,3 % color envés de los foliolos de color verde amarillento muestran de una corola pentagonal.

El color principal del pedúnculo pedicelo verde amarillento y pedúnculo purpura grisáceo y pedicelo verde amarillento 15,80%, generalmente tienen una forma de corola pentagonal,

pedúnculo pedicelo purpura grisáceo 5,30% se observa con forma de corola semiestrellada y el 47,4% presenta ausencia del color del pedúnculo y pedicelo.

Cuadro 18. Cuadro de contingencia del Hábito de floración (HF), Color de la flor (CF), Heterostilia de las flores (HFL) y forma de la corola (FC).

		Hábito de floración				Total
		Escasa	Moderada	Abundante	A.H.F.	
Color de la Flor *	Amarillo	26,30%	5,30%	10,50%	0,00%	42,10%
	Naranja amarillento	5,30%	0,00%	5,30%	0,00%	10,50%
	A.H.FL.	0,00%	0,00%	0,00%	47,40%	47,40%
Total		31,60%	5,30%	15,80%	47,40%	100,0%
Heterostilia de las Flores **	Brevistilia	10,50%	5,30%	0,00%	0,00%	15,80%
	Mesostilia	5,30%	0,00%	15,80%	0,00%	21,10%
	Longistilia	10,50%	0,00%	0,00%	0,00%	10,50%
	A.H.FL.	5,30%	0,00%	0,00%	47,40%	52,60%
Total		31,60%	5,30%	15,80%	47,40%	100%
Forma de la Corola ***	Semiestrellada	5,30%	0,00%	5,30%	0,00%	10,50%
	Pentagonal	21,10%	5,30%	10,50%	0,00%	36,80%
	Ausencia de la forma de la corola	5,30%	0,00%	0,00%	47,40%	52,60%
Total		31,60%	5,30%	15,80%	47,40%	100%

*Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0,003

**Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0,000

***Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0,010

Con un valor de significancia 0,003, 0,000 y 0,010 < 0,05 se entiende que existe una dependencia de hábito de floración con color de la flor, heterostilia de las flores, forma de la corola, color del pedúnculo y pedicelo. Según el Cuadro 18 el hábito de floración escasa 26,30% y abundante 10,50% presenta la flor de color amarilla y 47,40 % presenta ausencia de color de la flor. También es posible apreciar la relación con heterostilia de las flores, el hábito de floración escasa y abundante presentan 21,10% de mesostilia de las flores, el 5,30% de brevistilia de las flores presenta un hábito de floración moderada y el 47% no presenta el heterostilia de las flores. Así mismo la forma de corola pentagonal 36,80% se aprecia que el 21,10% presenta un hábito de floración escasa, el 5,30% de forma moderada y 10,50% de forma abundante, el 5,30% de hábito de floración escasa y abundante presentan forma de corola semiestrellada.

Cuadro 19. Cuadro de contingencia de color de Hábito de Floración, color del Pedúnculo y pedicelo, tolerancia a la helada

		Hábito de floración				Total
		Escasa	Moderada	Abundante	A.H.F	
Color del pedúnculo y Pedicelo	Pedúnculo y pedicelo verde amarillento	10,50%	0,00%	10,50%	0,00%	21,10%
	pedúnculo y pedicelo purpura grisáceo	5,30%	5,30%	0,00%	0,00%	10,50%
	pedúnculo purpura grisáceo y pedicelo verde amarillento	15,80%	0,00%	5,30%	0,00%	21,10%
	ausencia del pedúnculo y pedicelo	0,00%	0,00%	0,00%	47,40%	47,40%
Total		31,60%	5,30%	15,80%	47,40%	100,0%

Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0,001

En el Cuadro 19, muestra una dependencia entre las variables hábito de floración con color pedúnculo y pedicelo, con una significancia de $0,001 < 0,05$. También se puede observar los que tienen pedúnculo y pedicelo de color verde amarillento el 10.50% presentan un hábito de floración abundante, 15,8% del color pedúnculo purpura grisáceo y pedicelo verde amarillento presentan un hábito de floración escasa.

Cuadro 20. Cuadro de contingencia del color de la flor (CFL), forma de la corola (FC), tolerancia a la helada (TH)

		Color de la Flor			Total
		Amarillo	Naranja amarillento	Ausencia de color de la flor	
Heterostilia de las flores *	Brevistilia	10,50%	5,30%	0,00%	15,80%
	Mesostilia	15,80%	5,30%	0,00%	21,10%
	Longistilia	10,50%	0,00%	0,00%	10,50%
	A. de heterostilia de las flores	5,30%	0,00%	47,40%	52,60%
Total		42,10%	10,50%	47,40%	100,00%
Forma de la Corola **	Semistrellada	0,00%	10,50%	0,00%	10,50%
	Pentagonal	36,80%	0,00%	0,00%	36,80%
	A. de la forma de la corola	5,30%	0,00%	47,40%	52,60%
Total		42,10%	10,50%	47,40%	100,00%
Tolerancia a la helada ***	Alta	42,10%	0,00%	0,00%	42,10%
	Moderada	0,00%	10,50%	5,30%	15,80%
	Baja	0,00%	0,00%	42,10%	42,10%
Total		42,10%	10,50%	47,40%	100,00%

*Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0,009

**Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0,001

***Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0,000

Observando las características existe una dependencia de las variables mencionadas con una significancia de 0,009, 0,001 y 0,000 $< 0,05$, según el cuadro de contingencia se aprecia

que la ausencia del color de la flor 47,40% no presenta heterostilia de las flores, así mismo brevistilia de las flores 10,50%, mesostilia 15,80%, longistilia 10,50% presentan una flor amarilla y en menor cantidad el color de la flor naranja amarillento 5,30% tiene heterostilia de las flores brevistilia y mesostilia. A sí mismo se puede observar la forma de la corola pentagonal 36,80% tiene un color de la flor amarillo en su mayor porcentaje, mientras la forma de la corola semiestrellada 10,50% presenta en menor cantidad de color de la flor naranja amarillento. Así mismo los datos indican que las flores de color amarillo 42,10% tienen una alta tolerancia a la helada, las flores de color naranja amarillento 10,50% tienen una moderada tolerancia y los que presentan ausencia del color de la flor tienen una baja tolerancia a la helada.

Cuadro 21. Cuadro de contingencia del distribución del color secundario de los tubérculos (DCST) y color secundario de la superficie de los tubérculos (CSST)

		Distribución del color secundario de los tubérculos						Total
		Ausente	Ojos	Alrededor de ojos	Ojos e irregularmente distribuidos	Irregularmente distribuido	Veteaduras	
Color secundario de la superficie de los tubérculos	Ausente	26,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	26,30%
	Blanco	0,00%	0,00%	5,30%	0,00%	0,00%	5,30%	10,50%
	Blanco amarillento	0,00%	10,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,50%
	Amarillo	0,00%	0,00%	5,30%	0,00%	5,30%	0,00%	10,50%
	Naranja amarillento	0,00%	0,00%	0,00%	10,50%	5,30%	0,00%	15,80%
	Rojo naranja	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,30%	0,00%	5,30%
	Rojo claro (rosado)	0,00%	5,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,30%
	Rojo pálido	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,30%	5,30%
	Rojo	0,00%	5,30%	5,30%	0,00%	0,00%	0,00%	10,50%
	Total	26,30%	21,10%	15,80%	10,50%	15,80%	10,50%	100,00%

Chi-cuadrado de Pearson nivel de significancia 0,008

El análisis de prueba de independencia de la distribución del color secundario de los tubérculos con color secundario de la superficie de los tubérculos denota una relación con una significancia de $0,008 < 0,05$, respectivamente. Según el Cuadro 21, el 26,30% carecen de color secundario de la superficie de los tubérculos y la distribución del color secundario del tubérculo, del total 15,8% del color secundario del tubérculo es de naranja amarillento, 10,5% está distribuido irregularmente en los ojos, 10,5% del color secundario de la superficie de color blanco amarillento está distribuido en los ojos, 5,30% de color secundario de color blanco, amarillo y rojo están distribuidos alrededor de los ojos, 5,30% de color secundario de

la superficie de los tubérculos color amarillo, naranja amarillento están irregularmente distribuidos y 5,30% presentan veteaduras de color blanco y rojo pálido

4.10. Análisis multidimensional para variables cualitativas

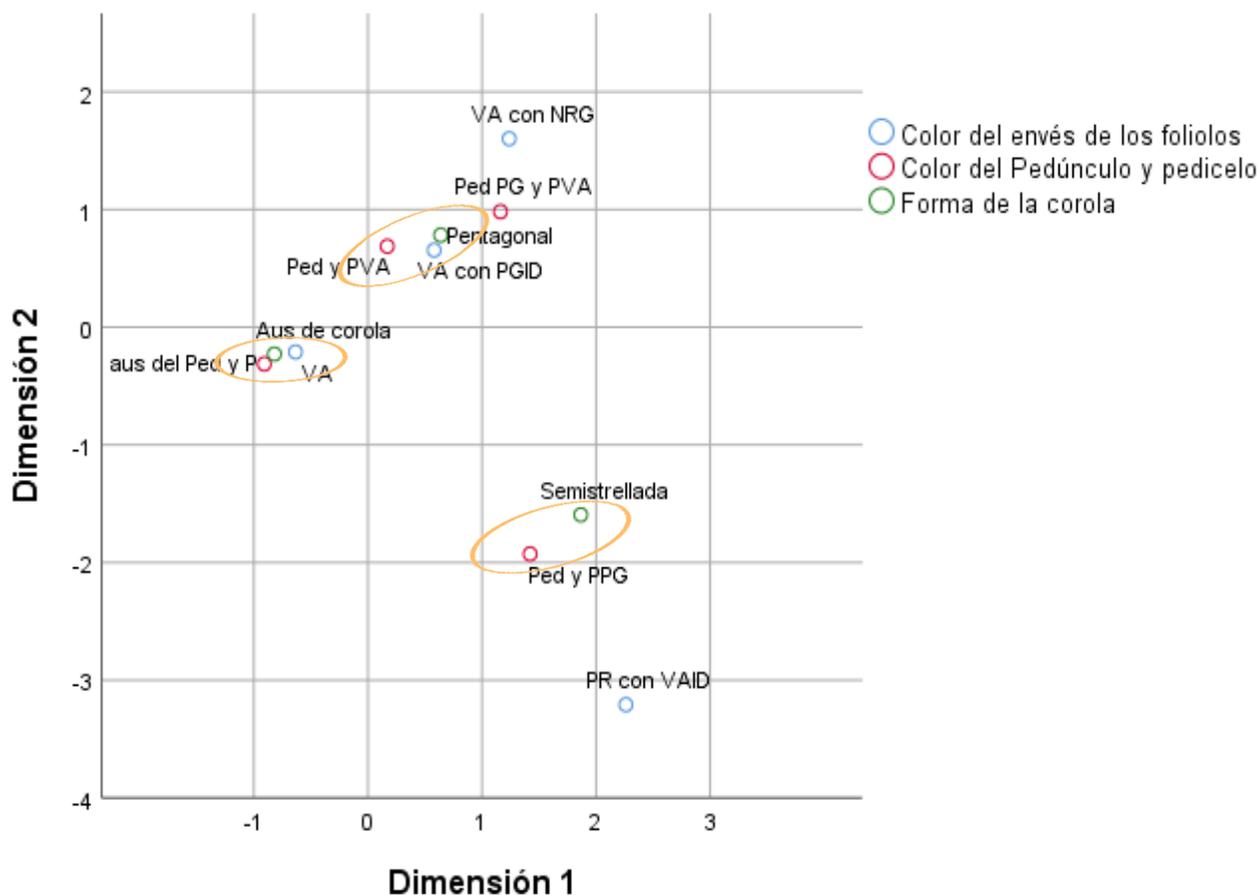


Figura 5. Proyección bidimensional de la variable cualitativa de forma de la corola (FC), color del envés de los foliolos (CEF) y color pedúnculo y pedicelo (CPP)

La representación gráfica de las variables cualitativas del color envés de los foliolos (CEF), color pedúnculo y pedicelo (CPP) y forma de la corola (FC) en la Figura 5, donde se observa varias asociaciones, el primer grupo tiene una relación muy cerca entre variables (CEF) verde amarillento con purpura grisáceo, (CPP) verde amarillento y (FC) pentagonal. El segundo grupo conformado del color del envés de los foliolos verde amarillento, presenta ausencia de pedúnculo, pedicelo y forma de la corola. El tercer grupo se puede observar, el pedúnculo y pedicelo de color purpura grisáceo (FC) semiestrellada.

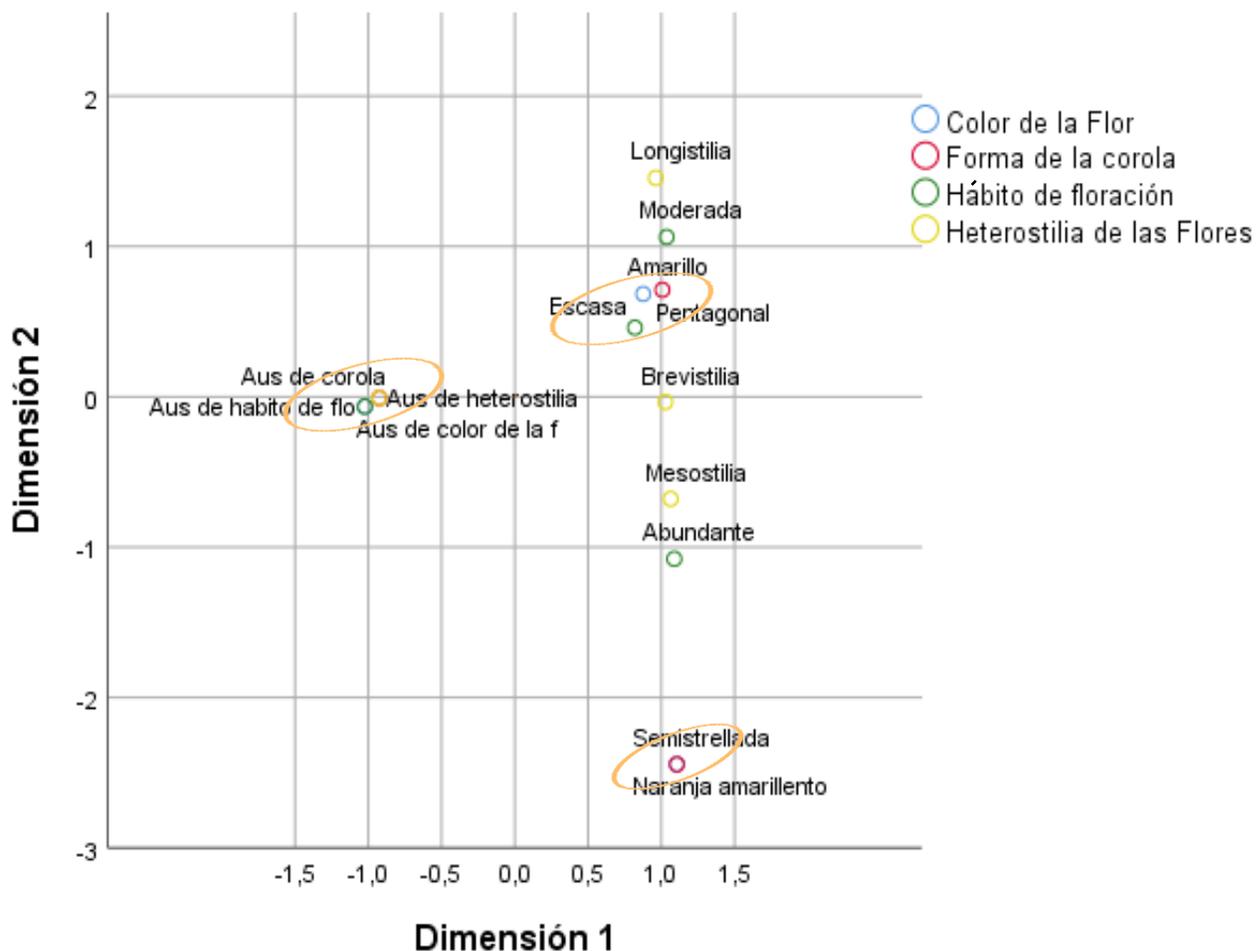


Figura 6. Proyección bidimensional de las variables cualitativas de color de la flor (CFL), forma de la corola (FC), hábito de floración (HF) y heterostilia de las flores (HFL)

Según la Figura 6, de las variables cualitativas se puede observar una relación entre las variables heterostilia y hábito de floración, las categorías de heterostilia (Longistilia, Mesostilia, Brevistilia) tienden estar relacionados con el hábito de floración (Escasa, Moderada, Abundante), en la parte superior del gráfico entre ellas está asociado el color de la flor amarilla de la forma de la corola pentagonal, con un hábito de floración escasa.

El segundo grupo se puede observar en la Figura 6, la asociación entre la ausencia de atributos morfológicos, como la forma de corola, el color de la flor y el hábito de floración, están muy correlacionadas (esto significa que estas características ausentes suelen encontrarse juntas en las mismas plantas).

De acuerdo con la Figura 6, de las variables cualitativas se observó un tercer grupo donde se puede observar una asociación entre las variables, (CFL) naranja amarillento y (FC) semiestrellada.

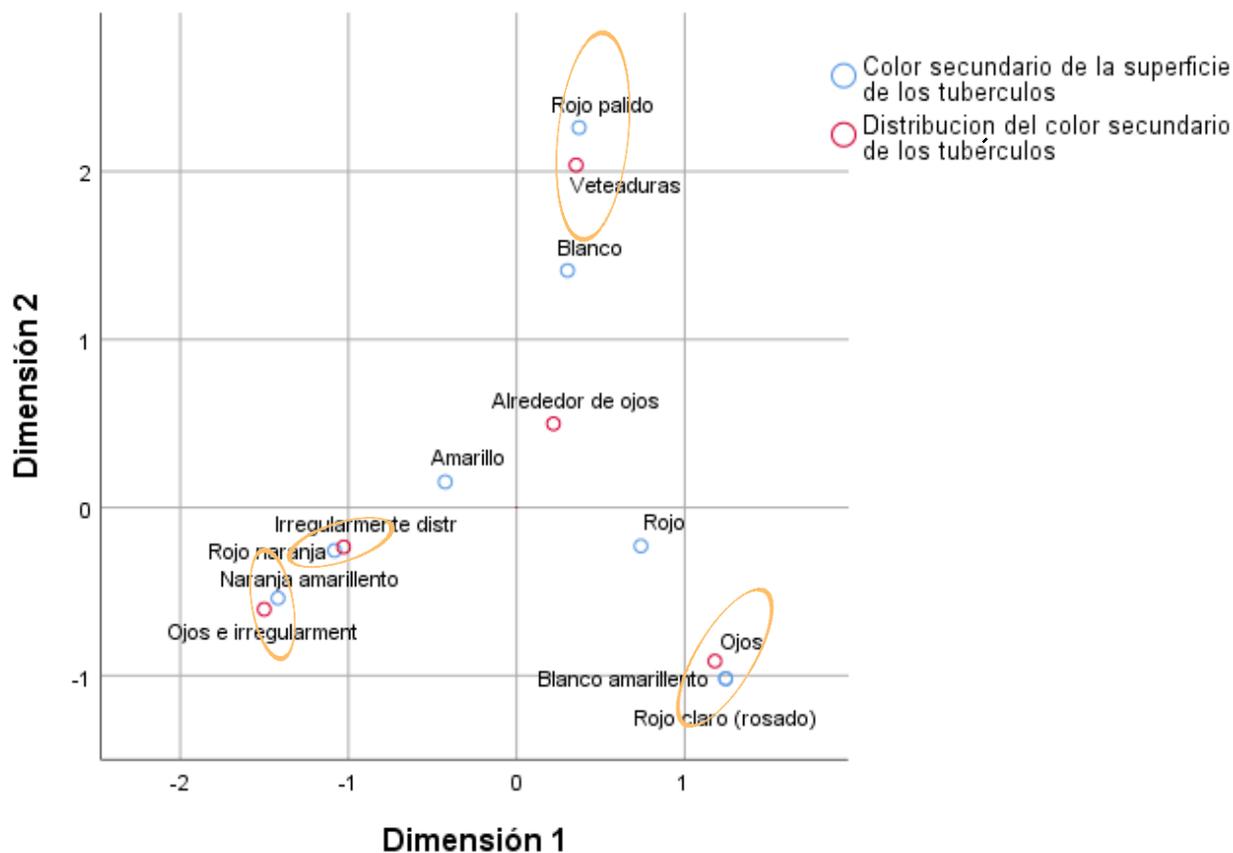


Figura 7. Proyección bidimensional de las variables color secundario de la superficie de los tubérculos (CSST) y distribución del color secundario de los tubérculos (DCST)

Según la Figura 7, el análisis multidimensional para las variables cualitativas se observó en el primer grupo, donde se puede apreciar el (CSST) rojo pálido, está estrechamente relacionado con la (DCST) veteada. En el segundo grupo se puede observar los colores más claros, como blanco amarillento y rojo claro (rosado) presentan una distribución alrededor de los ojos. El tercer grupo (CSST) de color rojo naranja tiene irregularmente distribuido. En el cuarto grupo se observa (CSST) naranja amarillento, presenta la distribución irregular en los ojos.

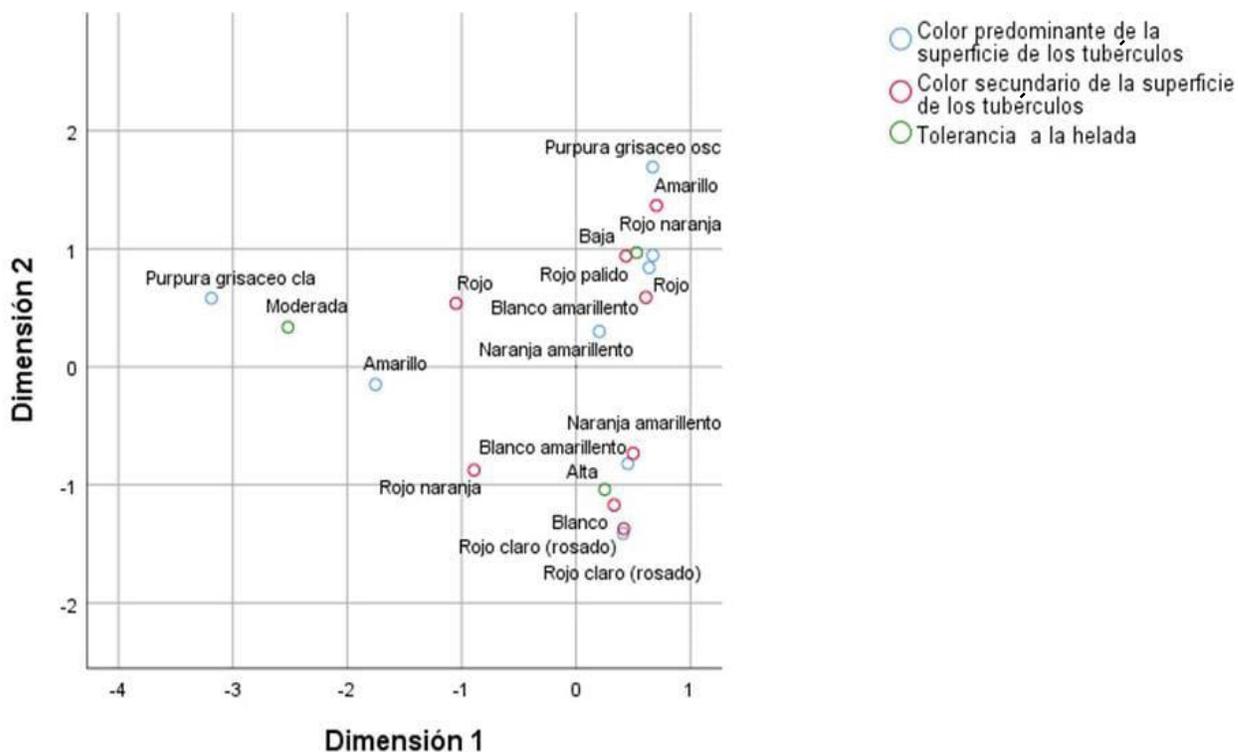


Figura 8. Proyección bidimensional de las variables color predominante de la superficie de los tubérculos, color secundario de la superficie de los tubérculos y tolerancia a la helada

Según la Figura 8, se muestra diferencias asociaciones de color predominante de la superficie de los tubérculos, color secundario de la superficie de los tubérculos y tolerancia a la helada. En una primera agrupación se aprecia color predominante de la superficie de los tubérculos blanco amarillento, rojo claro (rosado), con color secundario de la superficie de los tubérculos naranja amarillento, rojo naranja, blanco que tuvieron una tolerancia alta, otro de las agrupaciones que se puede observar los tubérculos de color predominante son purpura grisáceo oscuro, rojo pálido, con color secundario del tubérculo amarillo rojo, rojo pálido presentan tolerancia a la helada baja y por últimos los tubérculos de color purpura grisáceo claro y amarillo presentan tolerancia modera a la helada.

Estos resultados evidencian la diversidad existente en las características de los tubérculos, así como su estrecha relación con la capacidad de tolerancia a las heladas, lo cual puede ser un factor clave en estrategias de selección y mejoramiento agrícola.

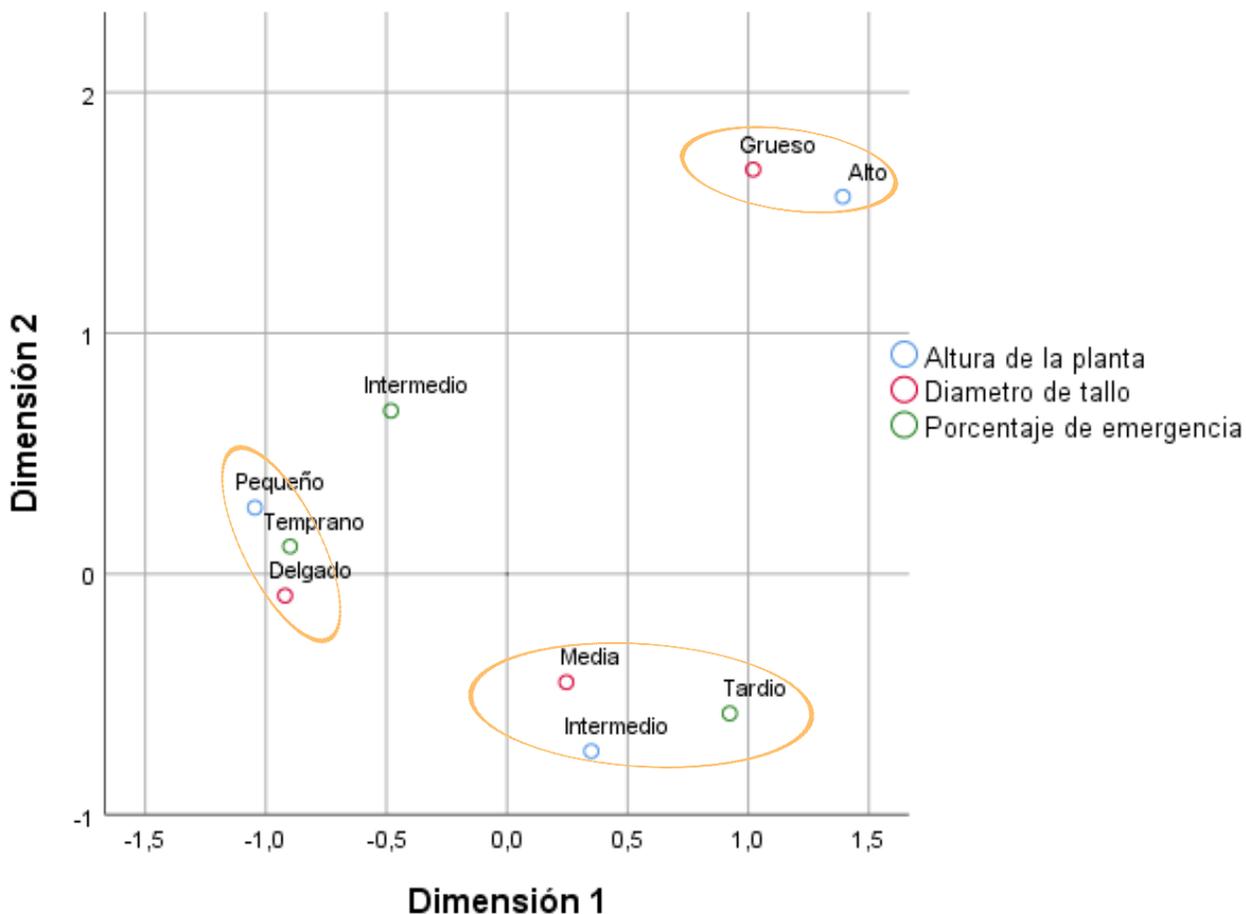


Figura 9. Proyección bidimensional de las variables altura de la planta, diámetro de tallo, porcentaje de emergencia

Los resultados presentados en la Figura 9, muestran diferentes asociaciones entre las variables analizadas. En el primer grupo, se observa que las plantas con emergencia tardía tienden a tener tallos de diámetro intermedio y una altura moderada. El segundo grupo está conformado por plantas de menor tamaño, caracterizadas por tallos delgados y una emergencia que se considera normal. Por último, el tercer grupo evidencia que las plantas de mayor altura se correlacionan con tallos de diámetro grueso, indicando un desarrollo estructural más robusto.

Estas asociaciones resaltan patrones clave en las características fenotípicas de las plantas y su relación con el tiempo de emergencia y las dimensiones del tallo.

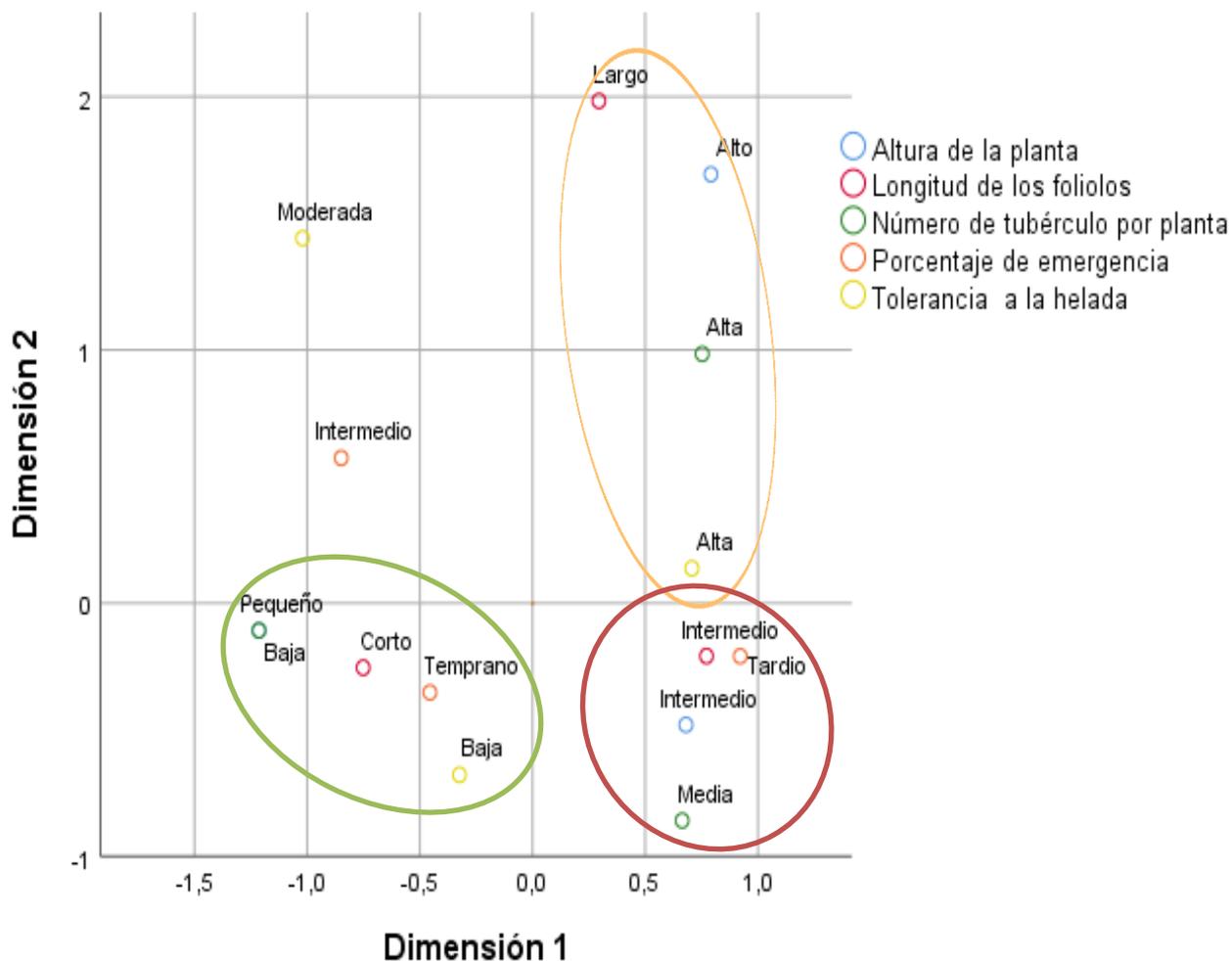


Figura 10. Proyección bidimensional de las variables altura de la planta, longitud de los folíolos, número de tubérculos por planta, porcentaje de emergencia, tolerancia a la helada.

Los resultados en la Figura 10, muestran diferentes asociaciones de las variables expuestas. En primer grupo presenta las plantas bajas con emergencia temprana con folíolos cortos, estas plantas suelen tener una tolerancia baja a la helada. El segundo grupo se puede observar asociaciones, altura de la planta intermedia con emergencia intermedia o tardía con un mayor número de tubérculos y mayor tolerancia a la helada. El tercer grupo presenta altura de la planta alta con longitud de los folíolos largo con un rendimiento de tubérculo altos son resistentes a altas temperaturas.

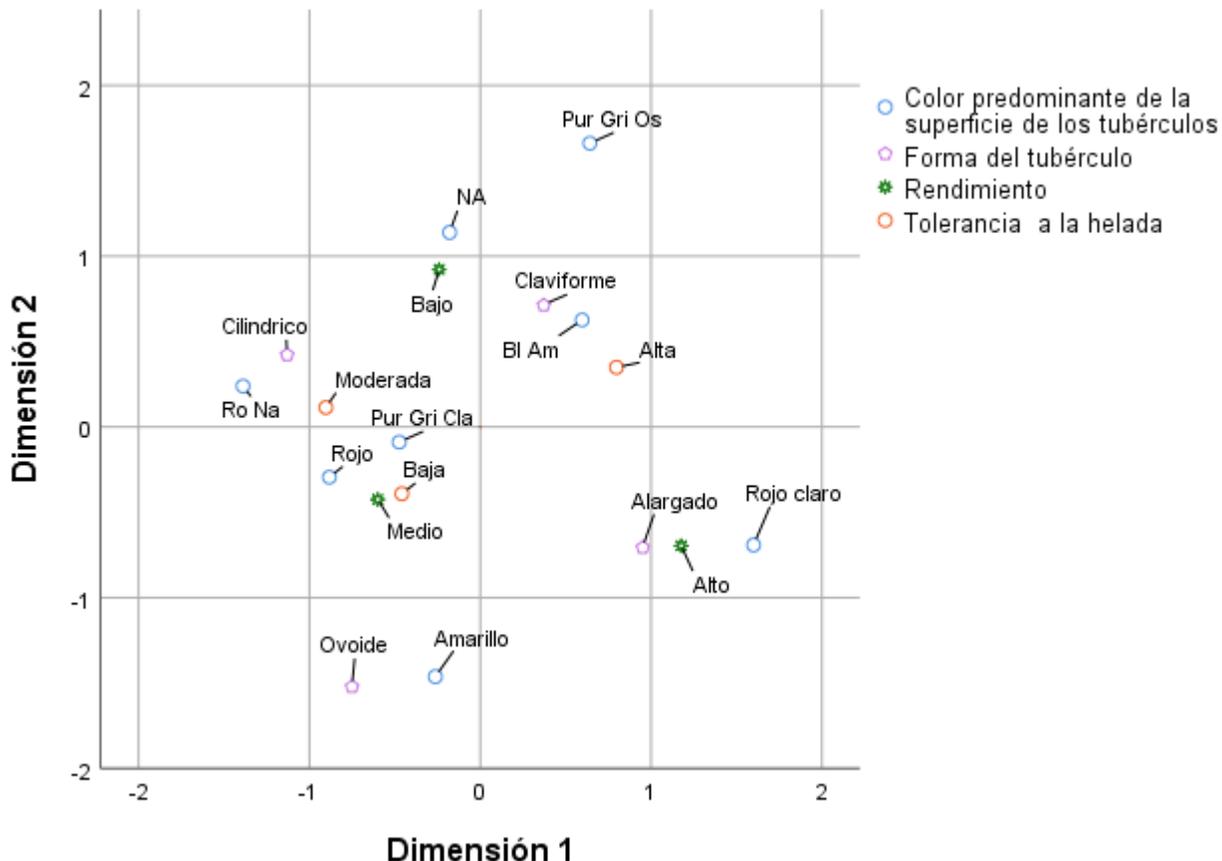


Figura 11. Proyección bidimensional de las variables color predominante de la superficie de los tubérculos, forma del tubérculo, rendimiento y tolerancia a la helada.

Un análisis multidimensional de las variables descritas presenta tres asociaciones principales. En el primer grupo se encuentran las plantas de mayor rendimiento, las cuales se caracterizan por tener tubérculos de forma alargada, con un color predominante de superficie rojo claro y alta tolerancia a la helada. El segundo grupo está formado por plantas con rendimiento bajo, cuyos tubérculos presentan una forma cilíndrico, con color de superficie rojo naranjado y tolerancia a la helada moderada. Por último, el tercer grupo incluye las plantas con rendimiento medio, cuyos tubérculos tienen forma ovoide, con un color predominante rojo y púrpura grisáceo claro y presentan baja tolerancia a la helada.

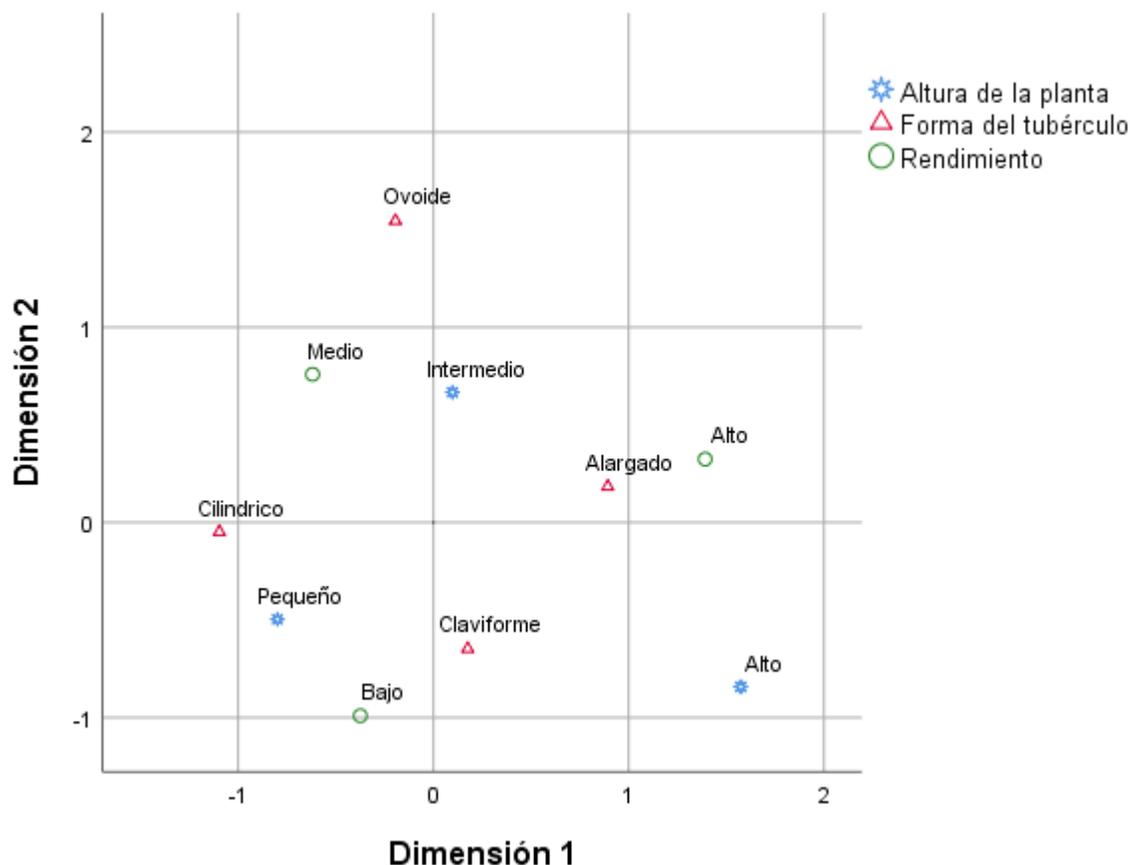


Figura 12. Proyección bidimensional de las variables altura de la planta, forma del tubérculo y rendimiento.

Los resultados presentados en la Figura 12, muestran diferentes asociaciones entre las variables analizadas. Un primer grupo, observado en la parte inferior de la figura, se caracteriza por incluir plantas de tamaño pequeño que presentan un rendimiento bajo. Estas plantas producen tubérculos con una forma predominantemente cilíndrica.

El segundo grupo, por su parte, está conformado por plantas de tamaño intermedio que se distinguen por su capacidad de generar tubérculos de forma alargada. Estas plantas se asocian con un alto rendimiento, destacándose como una opción prometedora dentro del análisis. Este contraste entre los grupos sugiere diferencias significativas en las características morfológicas y productivas de las plantas, las cuales pueden estar influenciadas por factores genéticos y ambientales.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y resultados obtenidos en la presente investigación, nos permite sustentar las siguientes conclusiones.

De acuerdo con los objetivos, se analizaron las características fenotípicas de la oca, se identificaron las características promisorias para la productividad, a su vez se analizaron las influencias que existen de los factores físicos en las plantas de oca y se determinaron las accesiones promisorias en la Estación Experimental Kallutaca.

Según el análisis estadístico se identificó que las características cuantitativas de las plantas varían en porcentaje de emergencia que va de 55% a 90% días, diámetro de tallo (0,67 a 1,60 mm,) altura de la planta (12 a 35 cm), el peso del tubérculo de (0,18 a 0,59 kg/planta), tubérculos por planta de (4,33 a 41,40) y en el rendimiento de 8,70 a 28,30 t/ha. A su vez las la distribución de frecuencias permite describir la diversidad de caracteres en color de tallos, se observa frecuentemente el verde amarillento con 68%, generalmente presentan pigmentación en las axilas 58% de las plantas, color de follaje frecuentemente observada es el verde amarillento oscuro con una representación de 58%, el porcentaje de inflorescencia es escasa.

Según la descripción de los tubérculos, los colores frecuentes son el color blanco amarillento, amarillo, naranja amarillento, con una representación de 16% de esto implica que existe una diferencia en las características fenotípicas de la oca entre las accesiones en estudio.

Análisis de correlación con una significancia de 0.01 permite identificar las características para el buen rendimiento, están relacionadas con el diámetro de tallo, altura de planta y longitud de foliolos.

Una alta incidencia de factores abióticos, como las heladas y la sequía, y un mal control de labores culturales, afecta significativamente el desarrollo de las plantas, las heladas representan un factor que impacta gravemente la producción de tubérculos, causando escasez de floración y el marchitamiento de las hojas. La sequía influye a la fase fenológica, afectando al crecimiento y rendimiento.

Según un análisis multidimensional se observa una dependencia de las variables en estudio a su vez describe que los tubérculos de color rojo, y amarillo son los que resistieron de

manera sobresaliente a las heladas y los tubérculos de color púrpura y naranja fueron afectados por el descenso de temperaturas.

En base a la producción las accesiones OT-024, OT-030, OT-006, OT-001, OT-017, OT-016 Y OT-028 tienen rendimientos promedio de 12 t/ha consideradas como bajas, las accesiones OT-022, OT-029, OT-023, OT-026, OT-019, Y OT-015 tiene un rendimiento promedio de 17 t/ha intermedias y las accesiones OT-018, OT-011, OT-020, OT-002, OT-0.21 y OT-027 son las de mejor rendimiento con un promedio de producción de 23 t/ha.

6. RECOMENDACIONES

Considerando el desarrollo agro-morfológico del cultivo, se recomienda continuar con la evaluación de las accesiones promisorias descritas que tienen un mayor rendimiento en el área de estudio.

Promover y facilitar el acceso al material genético para los agricultores, considerando su capacidad económica y su conocimiento sobre los tubérculos de oca, con el objetivo de incentivar la producción y reducir la erosión genética.

Realizar investigaciones donde se exprese preferencias de los consumidores según accesiones, la utilización que se da al tubérculo y los diferentes productos que se obtiene de la oca dependiendo de color, tamaño entre otras cualidades.

Es necesario llevar a cabo más investigaciones y profundizar en el análisis multidimensional para comprender con mayor detalle las interacciones y asociaciones entre las variables estudiadas. Este enfoque permitirá no solo validar los hallazgos iniciales, sino también identificar patrones más complejos y obtener una visión integral de las relaciones que afectan el desempeño y las características fenotípicas de las plantas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alquicira, J. 2017. Análisis de correlación. Conogasi.org Consultado 18 de septiembre de 2024. Disponible en <https://conogasi.org/articulos/analisis-de-correlacion-2/>
- Arteaga, N. 2016. OCA. Universidad Nacional del Centro del Peru. 25 p.
- Biondi, J. 2022. Análisis de la diversidad genética de la Colección de *Oxalis tuberosa* Molina mantenida en el Centro Internacional de la Papa.
- Calle, E. 2022. Caracterización morfológica de accesiones de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) en la Estación Experimental de Choquenaira. Tesis Ing, Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andres 52 p.
- Campos, A. 2020. Fenología floral de la oca (*Oxalis tuberosa*) de acuerdo a la escala (BBCH) como base para mejoras de cadenas agroproductivas Tesis Ingeniera Agroindustrial y de Alimentos. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas 53 p. Disponible en <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12135/1/UDLA-EC-TIAG-2020-04.pdf>
- Castañeta, G. 2023. Efecto de la radiación solar y la deshidratación en las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de la oca (*Oxalis tuberosa*). Tesis Magister en ciencias químicas. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andes 57 p. Disponible en <https://dipgis.umsa.bo/wp-content/uploads/2023/09/Tesis-Grover-Final.pdf>
- Cherlinka, V. 2021. Temperatura del suelo para la siembra y el cultivo. Consultado 30 de octubre de 2024. Disponible en <https://eos.com/es/blog/temperatura-del-suelo/>
- Cherlinka, V. 2023. Humedad del suelo: Como medir y controlar su nivel Consultado 30 de Octubre de 2024. Disponible en <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/>
- Chura, D. 2024. Preferencias de los consumidores en el cultivo de oca (*Oxalis tuberosa*, Mol.) a través de un enfoque de Análisis Conjunto. Tesis Ing. Agr. El Alto-Bolivia. Universidad Publica de El Alto. 78 p.
- CIP. 2016. Oca, Ulluco y Mashua. Disponible en <https://cipotato.org/es/raices-y-tuberculos/oca-ulluco-y-mashua/>
- Cruz, E. 2018. Análisis de la diversidad morfológica y estructura genética de oca cultivadas (*Oxalis tuberosa* Mol.) en nueve departamentos del Perú. Tesis licenciado en Biología. Lima-Peru. Universidad Nacional Federico Villarreal 85 p. Disponible en <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/2722/Cruz%20Hilacondo%20Wilbert%20Eddy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, M. 2021. Estudio de nuevas herramientas para el fenotipado vegetal de alta resolución y sus aplicaciones en agricultura. Place Published.
- FAO. 2024. Traditional Crops. Disponible en <https://www.fao.org/traditional-crops/oca/en/>

- Fernandez, J. 2023. Caracterización y variabilidad fenotípica de diez accesiones de quinua silvestre (*Chenopodium* sp.) en la Estación Experimental de Kallutaca. Tesis Ing. Agr. El Alto-Bolivia. Universidad Publica de El Alto. 104 p.
- Ferro, R. 2021. Conservación de oca (*Oxalis tuberosa*) bajo condiciones in vitro y corroboración de la estabilidad genética Tesis para optar el título de Biólogo Genetista Biotecnólogo. Lima-Perú Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 83 p. Disponible en <https://core.ac.uk/reader/395377750>
- Gallardo, M. 2018. Variabilidad de tuberosas andinas en comunidades altoandinas tradicionales. Caso: Oca (*Oxalis tuberosa* Molina). Cuenca de mito, Provincia de Huánuco, Región Huánuco. Tesis Biologo. Lima-Peru. Universidad Nacional Agraria La Molina. 92 p.
- Gallardo, Y.;Manrique, O. y Álvarez, M. 2018. Análisis de los impactos provocados por la sequía agrícola en los cultivosde maíz y frijol en áreas agrícolas del Municipio Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba. Sociedad de naturaleza. 30(2): 96-115. Disponible en <https://www.scielo.br/j/sn/a/zTkmJMV7wNjy69m8zC4BWTr/?format=pdf&lang=es>
- García, R.;Valdez, E.;Martínez, L.;Díaz, F. y Ayvar, S. 2023. Diversidad y distribución de tubérculos andinos (*Solanum tuberosum*, *Oxalis tuberosa*, *Ullus tuberosus* y *Tropaeolum tuberosum*): un análisis agrogeográfico. investigaciones y estudios. 14(1): 59-70. Consultado 18 de Octubre de 2024. Disponible en <https://revistascientificas.una.py/index.php/rdgic/article/view/3312/2957>
- Garfias, F. 2020. Cultivo de Oca produccion de raices y tuberosas. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- GBIF. 2024. *Oxalis tuberosa* Molina. Dinamarca. Consultado 5 septiembre 2024. Disponible en <https://www.gbif.org/species/144106760>
- Gómez, D. 2014. Caracterización, pronóstico y alternativas de manejo de las heladas en el sistema de producción lechero del valle de Ubaté y Chiquinquirá (Colombia). Tesis Magister en Ciencias - Meteorología. Bogota D. C., Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 199 p.
- Google-Earth. 2024. Cordenadas geograficas de la Estacion Experimental de Kallutaca. (en linea). Consultado 24 de junio de 2024. Disponible en <https://earth.google.com>
- Gualacata, N. 2015. Evaluación de la producción de cuatro líneas promisorias de oca (*Oxalis tuberosa*) en aprovechamiento de diferentes niveles de abonadura orgánica en el sector la Esperanza, Provincia Imbabura. Tesis Ing. Agrónoma. Carchi – Ecuador Universidad Técnica de Babahoyo. 82 p.
- Gualoto, J. 2021. Evaluación nutricional de la oca, mashua, quinua y avena para su uso en la elaboración de muesli. Tesis Ingenieria en Industrias Pecuarias. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. 59 p.
- IPGRI/CIP. 2001. Descriptores de Oca (*Oxalis tuberosa*, Mol.) Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Centro Internacional de la Papa. Lima - Perú,

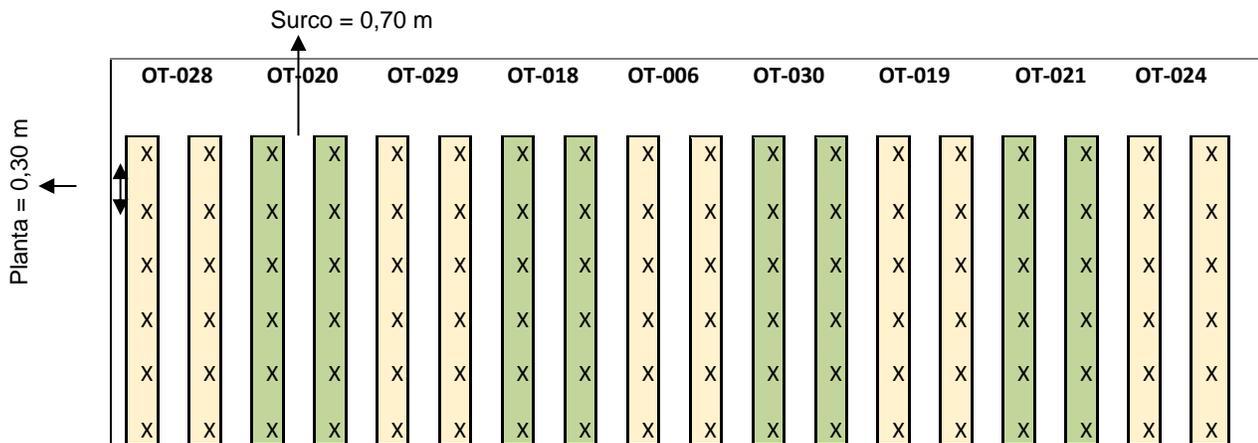
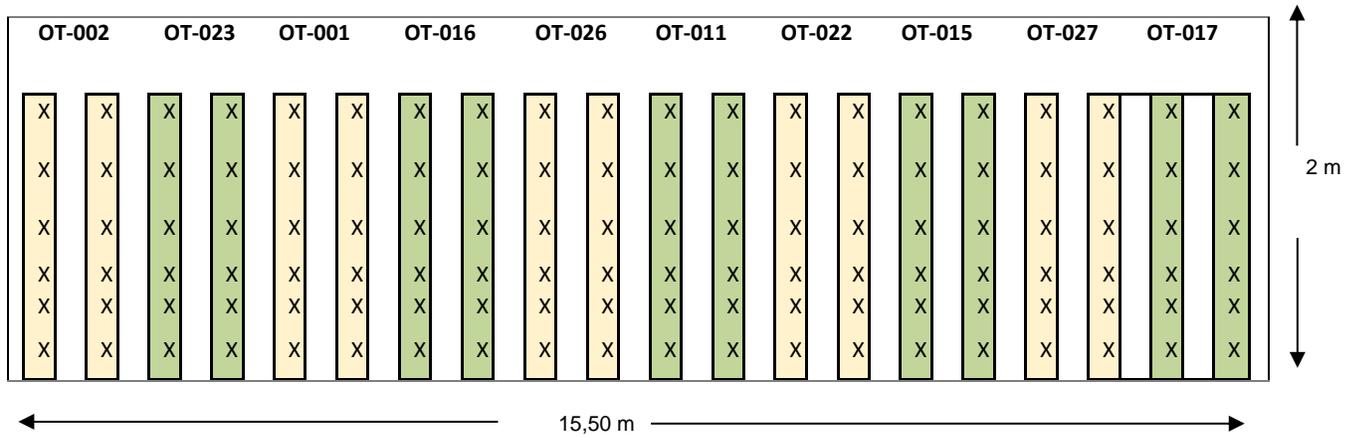
Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/a90b5c29-8bb6-46bc-ae48-ff4b6ad1b064/content>

- Lopez, H. 2022. Fenotipado de Plantas. MasScience, Disponible en <https://www.masscience.com/fenotipado-de-plantas/>
- Mejia, G. 2019. Medidas para la conservacion In-situ de la Agrobiodiversidad. Peru-Lima, En Linea. Consultado 22 de Octubre. Disponible en <https://idmaperu.org/wp-content/uploads/2023/03/Medidas-Conservacion-Agrobiodiversidad.pdf>
- Morillo, C.;Morillo, Y. y Leguizamo, M. 2019. Caracterización morfológica y molecular de *Oxalis tuberosa* Mol. en el departamento de Boyacá Artículo de Investigacion. XXI(1): 18, 28.
- Nina, A. 2018. Evaluación del comportamiento agronómico de tres ecotipos de oca (*Oxalis tuberosa*) y revalorización de las prácticas alimenticias ancestrales de la comunidad Huatapampa del municipio de Tito Yupanqui. Tesis Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andres 86 p.
- Nina, A. y Murillo, R. 2018. Evaluación del comportamiento agronómico de tres Ecotipos de oca (*Oxalis tuberosa*) y revalorización de las prácticas alimenticias ancestrales de la comunidad Huatapampa del municipio de Tito Yupanqui. Apthapi. 4(3): 1324-1333. Consultado 18 de septiembre de 2024. Disponible en <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/235/225>
- Paz, L. y Delgadillo, R. 2023. Heladas inesperadas ponen en peligro la seguridad alimentaria en Larati. Consultado 21 septiembre de 2024. Disponible en <https://cenda.org/secciones/seguridad-y-soberania-alimentaria/item/930-larati-heladas-inesperadas-ponen-en-peligro-la-seguridad-alimentaria>
- Quiape, C.;Quispe, E. y Mamani, E. 2020. Evaluación agronómica de una variedad de pimentón (*Capsicum annum* L.) en tres densidades de siembra en ambientes atemperados en la localidad de Kallutaca". El Alto-Bolivia. Universidad Publica de El Alto. 57 p. Disponible en https://dicyt.upea.bo/assets/eventos_cien/evento_1634309944.pdf
- Sanchez, F.;Mejia, N. y Ramos, M. 2022. Potencial del uso de oca (*Oxalis tuberosa*) como ingrediente principal para mermelada. Reciena. 59-64. Disponible en <https://reciena.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/84/89>
- Sánchez, F. 2022. Caracterización de la oca (*Oxalis tuberosa*) como base para la elaboración de mermelada. Tesis Ingeniera en Industrias Pecuarias. Riobamba, Ecuador Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. 34 p.
- Sarmiento, J. 2010. Caracterización in-situ de los cultivos de papa (*solanum spp.*) y oca (*Oxalis tuberosa*) en las comunidades de Chojñapata y Calahuancani del municipio de Ancoraimes. Tesis Ing. Agr. La Paz-Bolivia Universidad Mayor San Andres 74 p.
- SPSS, S. 2023. Escalamiento Multidimensional. Disponible en <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/saas?topic=features-multidimensional-scaling>

Yzarra, W. y Lopez, F. 2009. Manual de observaciones fenologicas Ministerio del Ambiente Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia (SENAMHI), 108 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Croquis del ensayo experimental



Anexo 2. Preparación del área de trabajo



Desterronado y mullido del suelo



Siembra del cultivo



Riego del cultivo

Anexo 3. Labores culturales



Desmalezado



Aporque

Anexo 4. Recolección de datos



Recolección de datos



Diámetro del tallo



Ancho de los folíolos centrales



Longitud del peciolo

Anexo 5. Tolerancia a la helada



Baja tolerancia a la helada Moderada tolerancia a la helada Alta tolerancia a la helada

Anexo 6. Cosecha del tubérculo



Cosecha de la Oca



Peso de los tubérculos

Almacenado de los tubérculos

Anexo 7. Caracterización del tubérculo

