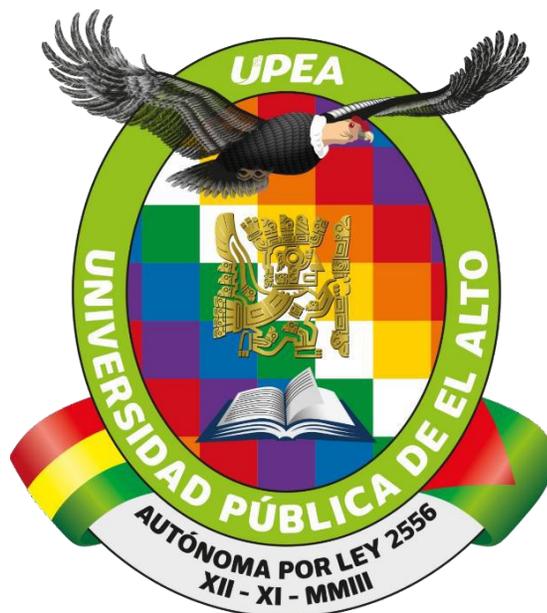


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS,
PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD Y RELACIONES ENTRE
CARACTERES MORFOLÓGICOS DE 45 ACCESIONES DE PAPA
NATIVA (*Solanum tuberosum* spp.), DEL BANCO DE
GERMOPLASMA DE LA UPEA**

Por:

Lourdes Mollericona Chambi

EL ALTO – BOLIVIA

Diciembre, 2024

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

**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD Y RELACIONES ENTRE CARACTERES
MORFOLÓGICOS DE 45 ACCESIONES DE PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum spp.*),
DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE LA UPEA**

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

Lourdes Mollericona Chambi

Asesores:

Lic. Ing. Félix Marza Mamani

Lic. Ing. Soledad Chavez Vино

Tribunal Revisor:

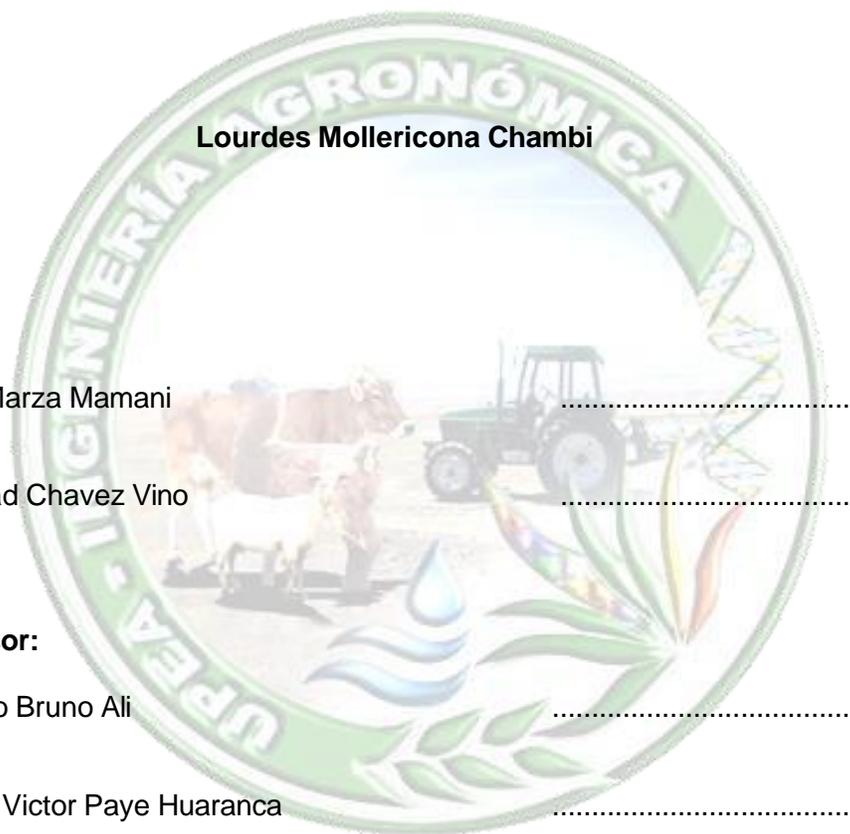
Lic. Ing. Paulino Bruno Ali

M. Sc. Lic. Ing. Victor Paye Huaranca

Lic. Ing. Isaac Elias Condori Tinta

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis queridos padres Mario, Francisca (†), hermano y mi familia por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme sabiduría y fuerzas para seguir el camino por delante y por brindarme fortaleza, perseverancia para continuar con mis estudios y culminar el presente trabajo de investigación.

A la Universidad Pública de El Alto, a la Carrera de Ingeniería Agronómica y a los docentes por compartir sus conocimientos y experiencias durante la formación académica.

A mis distinguidos asesores de tesis de grado, Dr. Félix Marza Mamani y Ing. Soledad Chavez Vino por su colaboración y tiempo dedicado para poder culminar el presente trabajo de investigación.

A mis tribunales revisores, Dr. Paulino Bruno Condori Ali, M.Sc. Ing. Victor Paye Huaranca y Ing. Isaac Elias Condori Tinta. por las correcciones y sugerencias pertinentes.

A mis queridos padres Mario Mollericona y Francisca Chambi (†) por su comprensión, apoyo incondicional que me brindaron durante los años de estudio y a mi familia por el apoyo moral, motivación durante la formación académica.

A mis queridos amigos y amigas por su gran amistad, y apoyo moral a Carla Paola Escobar, Bernardino Poma, Juan Carlos Huarachi P. Deysi Chura, Armando F. por el apoyo y colaboración que me brindaron incondicionalmente, muchas gracias.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Hipótesis	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Importancia del cultivo	5
2.1.1. Origen y distribución.....	5
2.1.2. Taxonomía.....	6
2.2. Evaluación.....	6
2.3. Diversidad	6
2.4. Diversidad genética	6
2.4.1. Conservación de la diversidad genética	7
2.4.2. Conservación <i>in situ</i>	7
2.4.3. Conservación <i>ex situ</i>	7
2.4.4. Uso del germoplasma	8
2.4.5. Diversidad fitogenético	9
2.4.6. Germoplasma	9

2.4.7.	Colecciones del germoplasma.....	9
2.4.8.	Bancos de germoplasma.....	10
2.4.9.	Accesión	10
2.5.	Caracterización.....	10
2.5.1.	Morfología de la planta.....	11
2.5.2.	Descripción botánica de la papa.....	11
2.5.2.1.	Raíz	11
2.5.2.2.	Tallo	12
2.5.2.3.	Hojas.....	12
2.5.2.4.	Flores.....	12
2.5.2.5.	Fruto y semilla	12
2.5.2.6.	Estolones	12
2.6.	Fases fenológicas de la planta	12
2.7.	Descriptores	14
2.8.	Estadística descriptiva	14
2.8.1.	Análisis de conglomerados.....	15
3.	MATERIALES Y MÉTODO	16
3.1.	Localización.....	16
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	16
3.1.2.	Características Edafoclimáticas	16
3.1.3.	Materiales de gabinete	18
3.1.4.	Materiales de Campo	18
3.2.	Metodología.....	18
3.1.1.	Procedimiento del ensayo experimental	18
3.1.2.	Seguimiento y desarrollo del ensayo	20
3.1.3.	Evaluación y análisis.....	23
3.1.4.	Análisis estadístico.....	23
3.1.5.	Variables de respuesta.....	23

3.1.6.	Variables cualitativas.....	23
3.1.7.	Variables cuantitativas	25
3.1.8.	Análisis descriptivo y distribución de frecuencias.....	26
3.1.9.	Análisis de correlación de Pearson para variables cuantitativas	26
3.1.10.	Análisis de conglomerados para variables cuantitativas y cualitativas	27
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1.	Comportamiento climático	28
4.1.1.	Temperatura y precipitación	28
4.2.	Descripción de las características morfológica de las variables cualitativas	29
4.3.	Distribución de frecuencias variables cualitativas.....	29
4.4.	Hábito de crecimiento (HCR)	31
4.5.	Color de tallo (CTA).....	32
4.6.	Color predominante de la flor (CFL).....	33
4.7.	Tamaño de la flor (TFL)	34
4.8.	Grado de floración (GFL).....	36
4.12.	Análisis descriptivo para variables cuantitativas.....	41
4.13.	Número de tallos por planta (NT).....	41
4.14.	Altura de planta (AP)	43
4.15.	Cobertura foliar (COF)	44
4.16.	Número de tubérculos por planta (NTP).....	45
4.17.	Peso de tubérculos por planta (PTP)	47
4.18.	Rendimiento (RDTO).....	48
4.19.	Análisis de correlación simple de Pearson para variables cuantitativas.....	49
4.20.	Análisis de conglomerados para las variables cuantitativas para 45 accesiones de papa nativa	51
4.21.	Análisis de conglomerados para la interacción de las variables cuantitativas y cualitativas para 45 accesiones.....	53
5.	CONCLUSIONES	56

6. RECOMENDACIONES	57
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
8. ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Detalle de la colección de papas nativas del germoplasma de Kallutaca	18
Cuadro 2	Detalle de las variables cualitativas evaluadas en el cultivo de la papa nativa campaña agrícola 2021 – 2022	24
Cuadro 3	Detalle de las variables cuantitativas evaluadas en el cultivo de la papa nativa campaña agrícola 2021 – 2022.....	25
Cuadro 4	Detalle descriptivo de las características de las variables cualitativas... ..	30
Cuadro 5	Detalle de la estadística descriptiva de variables cuantitativas en 45 accesiones de papa	41
Cuadro 6	Análisis de Correlación de Pearson para variables cuantitativas.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación de la parcela de papa nativa en Kallutaca.....	16
Figura 2	Preparación del terreno	19
Figura 3	Siembra colección de papa nativa	20
Figura 4	Colocado de letreros por unidad experimental.....	21
Figura 5	Identificación de la muestra de papa nativa	21
Figura 6	Cosecha de papa nativa	22
Figura 7	Embolsado y traslado al depósito la papa cosechada	22
Figura 8	Datos de temperatura máximas, mínimas, medias(°C) y precipitación (mm) en la estación de Kallutaca en la gestión 2021-2022.....	28
Figura 9	Accesión ST 001 afectada por las altas precipitaciones.....	29
Figura 10	Hábito de crecimiento en 45 accesiones de papa nativa.....	31
Figura 11	Hábito de crecimiento erecto a) accesión ST 032 y semi erecto b) accesión ST 008.....	32
Figura 12	Color de tallo en 45 accesiones de papa nativa.....	33
Figura 13	Color predominante de la flor en 45 accesiones de papa nativa	33
Figura 14	a) Color de la flor blanca accesión ST 038, b) Color rosado claro accesión ST 015, c) Color azul morado accesión ST 003, d) Color lila accesión ST 007, e) Color morado claro accesión ST 034 y f) Color violeta intermedio accesión ST 044.....	34
Figura 15	Tamaño de la flor en 45 accesiones de papa nativa	35

Figura 16 Registro del tamaño de la flor (ST 042).....	35
Figura 17 Grado de floración en 45 accesiones de papa nativa.....	36
Figura 18 Color del tubérculo en 45 accesiones de papa nativa	37
Figura 19 Forma y color predominante en la piel del tubérculo en accesiones de papa nativa.....	37
Figura 20 Forma del tubérculo en 45 accesiones de papa nativa.....	38
Figura 21 Dendograma de las variables cualitativas de 45 accesiones de papa	39
Figura 22 Características morfológicas similares de las accesiones ST 002 (a) y la accesión ST 011 (b)	40
Figura 23 Detalle de número de tallos (NT) en 45 acciones de papa nativa	42
Figura 24 Detalle de altura de planta (cm.) en 45 accesiones de papa nativa.....	43
Figura 25 Registro de altura de planta (cm.)	44
Figura 26 Detalle de la cobertura foliar (cm.) en 45 accesiones de papa nativa	44
Figura 27 Menor cobertura foliar en accesión ST 025 (a) y mayor cobertura foliar en la accesión ST 014 (b)	45
Figura 28 Detalle de número de tubérculos por planta en 45 accesiones de papa nativa	46
Figura 29 Cantidad de tubérculos en la accesión ST 024	46
Figura 30 Detalle de peso de tubérculos por planta en 45 accesiones de papa nativa	47

Figura 31	Pesaje de tubérculos por planta en la accesión ST 040.....	47
Figura 32	Detalle del rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$) en 45 accesiones de papa nativa.....	48
Figura 33	Registro de datos cuantitativos, Altura de planta (a), Numero de tallos b), Cantidad de tubérculos /accesión c) y peso total de tubérculos.....	50
Figura 34	Dendograma de las variables cuantitativas de las 45 accesiones de papa nativa	51
Figura 35	Dendograma entre grupos de interacción de variables cualitativas y cuantitativas de las 45 accesiones de papa nativa.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Croquis del ensayo de investigación.....	64
Anexo 2	Semillas de papa nativa de la campaña agrícola 2020-2021, utilizada en la siembra de la campaña agrícola 2021-2022.....	65
Anexo 3	Identificación con marbetes en plantas de papa y registro de información en planta.....	66
Anexo 4	Registro de información de la flor de papa nativa (Accesión. ST 038).....	67

ABREVIATURAS

PROINPA	Promoción e Investigación de Productos Andinos
FAO	Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
REDPA	Red de Coordinación De Políticas Agropecuarias
MINAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
ms.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
CIP	Centro Internacional de papa
cm	Centímetro
LS	Latitud Sur
LW	Longitud Oeste
°C	Grados centígrados
mm	Milímetros
m	Metros
LCA	Laboratorio de Calidad Ambiental
LCA	Laboratorio de Calidad Ambiental
t	Toneladas
ha	Hectárea
m ²	Metros cuadrados
Kg	kilogramos

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental Kallutaca, la gestión agrícola 2021-2022, situado a 16°31'0" latitud sur y a 68°19'0" Longitud oeste a una altitud de 3,935 ms.n.m. Con el objetivo de evaluar la diversidad y caracteres de 45 accesiones de papas nativas conservadas en el Banco de Germoplasma de la UPEA, se realizó la siembra el 13 de octubre 2021 y la cosecha el 18 de abril de 2022, se evaluaron 6 variables cuantitativas: número de tallos, altura de planta, cobertura foliar, número de tubérculos, peso de tubérculos planta y el rendimiento, y 7 variables cualitativas: hábito de crecimiento, color de tallo, color de flor, tamaño de flor, grado de floración, color de la piel del tubérculo y forma del tubérculo. Los análisis de frecuencias para las variables cuantitativas muestran que la accesión ST 045 registra una máxima de 33 tubérculos, una altura 50,14 cm, cobertura foliar de 38,5 cm y con un rendimiento mayor de 0,79 t*ha⁻¹, seguida de las accesiones ST 043 con 0,66 t*ha⁻¹, la accesión ST 022 con 0,64 t*ha⁻¹ y la accesión ST 013 con 0,63 t*ha⁻¹ siendo las accesiones que mejor se comportaron en la zona. El análisis de correlación de Pearson (0,01%), nos indica que existe una alta correlación entre las variables de estudio y el rendimiento. En el análisis de conglomerados se conformaron 5 grupos que registran características morfológicas similares dentro de cada grupo y características diferentes entre grupos con respecto al número de tallos, altura de planta, cobertura foliar, número de tubérculos por planta, peso por planta y el rendimiento. Las variables cualitativas, presentan un hábito de crecimiento erecto y semierecto en 44 accesiones, con el color de tallo verde y verde pigmentado en 31 accesiones, el color predominante en la flor fue violeta en 23 accesiones, seguido del blanco en 12 accesiones y lila en 7 accesiones, el tamaño de flor Intermedio (30 a 40 mm) en 24 accesiones, con frecuencia se registró el color marrón violeta en la piel del tubérculo de forma variada entre oblongo en 13 accesiones, comprimido en 11 accesiones, largo – oblongo en 7 accesiones, esférico en 6 accesiones, elíptico en 5 accesiones, obovoide, alargado y oblongo tuberosada en 3 accesiones. El análisis de conglomerados se conformaron 5 grupos en las cuales se observa las similitudes dentro de cada grupo (color predominante de la flor, grado de floración, color y forma del tubérculo), y las diferencias entre grupos (hábito de crecimiento, color de tallo, tamaño de la flor). Estos resultados nos muestran la diversidad existente en cuanto a las características evaluadas en las 45 accesiones de papa nativa y la importancia en cuanto a su relación entre caracteres para fines de identificación de las mejores accesiones en cuanto a su rendimiento.

ABSTRACT

The research was carried out at the Kallutaca Experimental Station, agricultural management 2021-2022, located at 16°31'0" south latitude and 68°19'0" west longitude at an altitude of 3,935 m.a.s.l. With the objective of evaluating the diversity and characters of 45 accessions of native potatoes conserved in the UPEA Germplasm Bank, sowing was carried out on October 13, 2021 and harvesting on April 18, 2022, 6 quantitative variables were evaluated: number of stems, plant height, leaf cover, number of tubers, plant tuber weight and yield, and 7 qualitative variables: growth habit, stem color, flower color, flower size, degree of flowering, tuber skin color and tuber shape. The frequency analyzes for the quantitative variables show that the accession ST 045 records a maximum of 33 tubers, a height of 50.14 cm, leaf coverage of 38.5 cm and with a yield greater than 0.79 t*ha⁻¹, followed by the accessions ST 043 with 0.66 t*ha⁻¹, the accession ST 022 with 0.64 t*ha⁻¹ and the accession ST 013 with 0.63 t*ha⁻¹ being the accessions that performed best in the area. The Pearson correlation analysis (0.01%) indicates that there is a high correlation between the study variables and performance. In the cluster analysis, 5 groups were formed that recorded similar morphological characteristics within each group and different characteristics between groups with respect to the number of stems, plant height, leaf coverage, number of tubers per plant, weight per plant and yield. The qualitative variables present an erect and semi-erect growth habit in 44 accessions, with the stem color green and pigmented green in 31 accessions, the predominant color in the flower was violet in 23 accessions, followed by white in 12 accessions and lilac in 7 accessions, the flower size Intermediate (30 to 40 mm) in 24 accessions, violet-brown color was frequently recorded in the tuber skin varying in shape between oblong in 13 accessions, compressed in 11 accessions, long – oblong in 7 accessions, spherical in 6 accessions, elliptical in 5 accessions, obovoid, elongated and oblong tuberosate in 3 accessions. The cluster analysis formed 5 groups in which the similarities within each group were observed (predominant color of the flower, degree of flowering, color and shape of the tuber), and the differences between groups (growth habit, stem color, flower size). These results show us the existing diversity in terms of the characteristics evaluated in the 45 native potato accessions and the importance in terms of their relationship between characters for the purposes of identifying the best accessions in terms of their performance.

1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* spp.), es originario de la zona andina. En Bolivia se encuentra ocho especies diferentes de papas nativas y más de treinta silvestres. Bolivia es uno de los principales centros de origen, diversificación y domesticación de numerosas especies y variedades de papas nativas. La adaptación de este cultivo a diferentes pisos agroecológicos, su tolerancia a condiciones muchas veces extremas y la calidad diferenciada según sus variados usos, representa un importante componente de la estrategia de supervivencia (seguridad alimentaria), de la población (PROINPA, 2007).

La papa es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, después del arroz, el maíz y el trigo, posicionándose como el alimento no cereal más consumido en el planeta; este producto se caracteriza por sus altos contenidos de carbohidratos y es consumida en cada uno de los continentes (Chávez, 2017).

En el mundo en el año 2011 la producción máxima histórica alcanzó a 375.1 millones de toneladas, reduciéndose en la gestión 2012 a una tasa de 1,8% por una disminución del rendimiento debido a factores climáticos. El 2013 se generó un leve repunte de la producción, siendo los principales países productores en orden de importancia China, India, Federación de Rusia, Ucrania y Estados Unidos de América. Entre los cinco países alcanzaron una producción equivalente al 56,1% de la producción mundial para ese año (REDPA, CAS, 2015).

En Bolivia se tiene registrado la producción de aproximadamente 230 variedades de las 4500 variedades existente en el mundo. En la campaña agrícola 2020 – 2021, según los datos del INE, Bolivia ha alcanzado la producción de papa de 1.272.649 tn en una superficie total de 191.321 hectáreas, alcanzando el rendimiento promedio de 6,65 t*ha⁻¹, siendo que en la Campaña agrícola 2019 – 2020 el total producido alcanzó los 1.317.923 tn y un rendimiento de 7,2 t*ha⁻¹ (CIPCA, 2023).

El rendimiento del cultivo de papa en el departamento de La Paz (BDP, 2023), alcanzó en promedio a 7,66 t*ha⁻¹. Actualmente, La Paz es el primer departamento productor, con 335,520 toneladas anuales y una superficie cultivada de 55,195 hectáreas; le sigue Cochabamba, con 298,069 toneladas, en 47,571 hectáreas; en tercer lugar, está Potosí, con 138,525 toneladas en 30,757 hectáreas, en cuarto lugar, Chuquisaca, con 112,287 toneladas anuales y 22,888 hectáreas (Laura, 2019).

La diversidad de especies y variedades, nos brinda alternativas más productivas, resistentes y resilientes a factores adversos bióticos (plagas y enfermedades), abióticos (efectos climáticos adversos), que inciden en la producción y que ponen en riesgo la seguridad alimentaria. Sin embargo, los recursos genéticos de la papa, y en general de la agrobiodiversidad, se están perdiendo o degradando a un ritmo alarmante, a causa del abandono del campo, y la falta de oportunidades de mercado y de incentivos para su cultivo (MINAGRI, 2020).

Las papas nativas se caracterizan por tener formas exóticas (aplanadas, redondas, comprimidas, alargadas, con ojos profundos) y colores llamativos (amarillos, rojos, rosada o morada); mientras más oscura es la piel o pulpa de los tubérculos hay mayor contenido de antioxidantes; aportan también importantes cantidades de proteínas, fibra y minerales. Los antioxidantes, tales como los polifenoles y carotenoides poseen efectos favorables para la salud humana y están presentes en el tubérculo de papa (Cuesta-Subía et al., 2012).

1.1. Antecedentes

Las papas nativas son fruto de los procesos de selección y conservación realizados por los antiguos habitantes andinos. La conservación y el manejo de los recursos genéticos es uno de los objetivos prioritarios de la investigación agrícola. Deben ser consideradas como un cultivo diferente al de las papas mejoradas ya que presentan mejor calidad culinaria por su alto porcentaje de materia seca, crecen en los andes, especialmente en Perú y Bolivia, en altitudes que fluctúan entre 3000 a 4000 ms.n.m. la existencia de una gran diversidad genética de especies de papa cultivada y silvestre en la región andina de América del Sur; más aún, sostiene que la zona de mayor diversidad se encuentra entre las regiones centrales de Perú y Bolivia, donde numerosos cultivares nativos muestran una gran variación de tipo de hoja, color de flor y características de tubérculos (Jaramillo y Baena, 2000).

Estudios y diagnósticos realizados en el Altiplano Norte, señalan que las heladas, son el principal factor adverso en la producción agrícola, afectando negativamente en un 70,4%. Las estadísticas mencionan que, en el departamento de La Paz, en la zona del Altiplano Norte, los cultivos son afectados por las heladas en un 66,26% siendo la papa, cebada en grano, oca, haba, quinua y avena los más afectados (Jaramillo y Baena, 2000).

1.2. Planteamiento del problema

En la estación Experimental Kallutaca de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto - UPEA se tiene un banco de germoplasma en cual se conservan 45 accesiones de papa nativa.

La diversidad de papas nativas se enfrenta a una disminución constante por la pérdida de la diversidad de ecotipos ancestrales que formaban y forman parte importante de la alimentación familiar, siendo la papa un alimento muy utilizado en las diferentes preparaciones y ganando un lugar privilegiado en los mejores restaurantes como un insumo exótico por sus características de forma, sabor, color y tamaño.

La pérdida de diversidad de papa nativa, se ve afectada por la actividad del hombre que es uno de los factores que está ocasionando modificaciones en los ecosistemas naturales, otro factor es la pérdida de suelos aptos para la producción de esta especie.

Las explotaciones sin medida de las parcelas de siembra inciden en los bajos rendimientos, factores climáticos adversos como las sequías, heladas, granizadas e inundaciones, la presencia de plagas y enfermedades provocan grandes pérdidas incluso del 100% de la producción. La introducción de nuevas variedades que van desplazando los ecotipos nativos e incluso son reemplazadas en su totalidad.

Otro factor importante para la pérdida, según los agricultores son los bajos rendimientos a comparación de las variedades introducidas, este factor desmotiva al agricultor a seguir cultivando las papas nativas.

Por la importancia de esta especie y su gran difusión y aceptación en diferentes niveles, se considera importante continuar con trabajos de investigación para fines de comparación, selección, alternativas de uso y conservación.

1.3. Justificación

La papa es un cultivo de importancia para las familias productoras, la mayor parte está destinado para el autoconsumo y la menor cantidad para su comercialización, trueque y semilla. El presente trabajo es importante para identificar material genético con características sobresalientes en cuanto al rendimiento, sin dejar de lado las accesiones con baja producción, considerando en su totalidad importantes para la agro biodiversidad.

También esta información será útil para que los agricultores, estudiantes de agronomía y sociedad en general, tengan el conocimiento de la importancia de conservar la diversidad de papas nativas por los valores nutricionales y el uso diversificado.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la diversidad y relaciones entre caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos de 45 accesiones de papa nativa (*Solanum tuberosum spp.*) de la colección del Banco de Germoplasma Kallutaca – UPEA.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la diversidad de la papa nativa de las 45 accesiones en estudio.
- Identificar las accesiones de papa nativa con los mejores rendimientos.
- Determinar las relaciones que existen entre las variables cuantitativas y cualitativas mediante el análisis estadístico.

1.5. Hipótesis

- H₀: No existen diferencias significativas entre la diversidad de 45 accesiones de papas nativas.
- H₀: No existen diferencias entre características de rendimiento entre las 45 accesiones de papa nativa en estudio.
- H₀: No existen diferencias de relaciones entre las variables cuantitativas y cualitativas según el análisis estadístico.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importancia del cultivo

La importancia del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum spp.*), se debe a que tiene una producción mundial de 325.30 millones de toneladas, por región de 16,8 toneladas por hectárea, con consumo de 31,3 kilos por persona (FAO, 2008).

Bolivia se encuentra entre los ocho centros más importantes de biodiversidad y domesticación de plantas cultivadas en el mundo, entre estas especies se encuentra gran diversidad de granos, raíces y tubérculos andinos, cultivado en los Andes bolivianos durante miles de años.

La superficie cultivada de papa en Bolivia fue de 180.000 hectáreas y la producción llegó a 975,000 toneladas, con un promedio de 5,4 toneladas por hectárea. La totalidad de la producción se destina al mercado interno. El consumo per cápita anual llega a 102 kilos por persona. Este tubérculo (papa) cuenta con alto valor nutricional, fuente de calorías, micronutrientes, gran contenido de proteínas, contiene poca grasa y lo mejor es realizar la cocción con cáscara para evitar la pérdida de nutrientes (FAO, 2008).

La papa posee un alto contenido de carbohidratos, aunque recién cosechada puede contener hasta 80% de agua, más del 60% de la materia seca es almidón. Por otro lado, el contenido de proteína de la papa es análogo al de los cereales, y es muy alto en comparación con otras raíces y tubérculos. Además del bajo contenido graso, la papa tiene vitamina C siendo que una papa media de 150 gramos, consumida con su piel, aporta casi la mitad de las necesidades diarias del adulto (100 mg), contiene además otras vitaminas como B1, B3 y B6 y nutrientes minerales como hierro, potasio, fósforo y magnesio. También se han detectado sustancias antioxidantes, las cuales pueden contribuir a prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento, y posee fibra, cuyo consumo es favorable para la salud (CIP, 2008).

2.1.1. Origen y distribución

La papa tiene su origen en la zona altiplánica de la región andina de América del Sur, entre el Perú (departamento de Puno y Cuzco) y Norte de Bolivia (zona del lago Titicaca), caracterizada por la existencia de una gran diversidad genética de especies andinas

cultivadas y silvestres. Es uno de los cultivos más importantes en la agricultura boliviana, al constituirse base de la alimentación para la población, se cultiva desde los 1000 hasta los 4000 ms.n.m. en planicies hasta pendientes mayores a 45%. Por esta razón se la considera como “el pan subterráneo”, justificado por el alto consumo de este tubérculo en sus diversas formas y tipos, respondiendo positivamente a diferentes requerimientos nutricionales (Silveti et.al, 2011).

2.1.2. Taxonomía

El cultivo de papa fue clasificado de la siguiente manera: Reino Plantae, clase magnoliopsida, subclase Asteridae, ordres Solanales, familia solanáceae, género *solanum* y especie *tuberosum* (Torrez, 2011).

2.2. Evaluación

Jaramillo y Baena (2000), mencionan que la evaluación consiste en describir las características agronómicas de las accesiones (rendimiento o resistencia a estrés biótico o abiótico), generalmente cuantitativas y de baja heredabilidad, con el fin de identificar materiales adaptables y con genes útiles para la producción y el mejoramiento de cultivos.

La evaluación es la identificación de las cualidades de las plantas, que se manifiestan en función al medio ambiente, rasgos genéticos que no son visibles en forma directa en un determinado momento. Según Querol (1988), propone que la evaluación se hace en función a los usos del cultivo y características buscadas para mejorarlo.

2.3. Diversidad

La diversidad comprende la variedad y variabilidad de plantas, animales y microorganismos presentes en la tierra, importantes para la alimentación y la agricultura, que resultan de la interacción entre el ambiente, los recursos genéticos y los sistemas y prácticas de manejo utilizados por los diversos pueblos (Baena y Jaramillo, 2003).

2.4. Diversidad genética

Describe la variación de genes y genotipo entre las especies teniendo información genética variada en plantas, animales y microorganismos que habitan la tierra, haciendo capaz de adaptarse a los cambios del clima, métodos agrícolas, plagas y enfermedades (FAO, 2006). La diversidad genética que poseen las especies les permite responder y adaptarse o no a

los cambios en su entorno. Esto se desarrolla a nivel cromosómico, se realizan combinaciones o mutaciones que pueden dar mejores o peores características adaptativas a las siguientes generaciones (Brack, 2000). La pérdida de la diversidad agrícola obliga a realizar de manera urgente los estudios específicos para recuperar y conservar las variedades locales y el conocimiento relacionado con los cultivos (Acosta, 2010).

2.4.1. Conservación de la diversidad genética

Los recursos fitogenéticos se pueden conservar en su hábitat natural y en condiciones diferentes a las de su hábitat natural. Para la conservación de la diversidad genética se pueden combinar ambos métodos *in situ* y *ex situ*, es decir, de manera complementaria. La selección de uno o varios métodos depende de las necesidades de investigación y de la especie objetivo (Jaramillo y Baena, 2000).

2.4.2. Conservación *in situ*

Es un proceso dinámico mediante el cual los agricultores manejan sus variedades tradicionales bajo condiciones locales, lo que permite que se sigan modificando gracias a sus prácticas de manejo y selección de cultivos. Constituye una forma dinámica de gestión de los recursos fitogenéticos, que hace posible que los procesos de selección natural y humana continúen actuando en el sistema productivo. Es una de las principales prácticas de conservación y aprovechamiento sostenido de la biodiversidad en las chacras o parcelas Centro Internacional de la Papa (CIP, 2012).

Las amenazas más frecuentes de la conservación *in situ* son la urbanización, la contaminación, la aculturación de las comunidades y, la introducción de variedades mejoradas que desplazan a las tradicionales, reduciendo la diversidad de cultivos (Baena et al. 2003).

2.4.3. Conservación *ex situ*

La conservación *ex situ* de los recursos naturales filogenéticos es la conservación de genotipos fuera de su ambiente de ocurrencia natural, para uso actual o futuro. Este tipo de conservación abarca un amplio espectro taxonómico, sirve para proteger desde especies silvestres y formas regresivas hasta especies cultivadas. Aplicada a especies domesticadas, la conservación *ex situ* busca conservar fuera de su centro de origen o diversidad tanto

especies como la variabilidad producida durante el proceso evolutivo de domesticación (Jaramillo y Baena, 2000).

2.4.4. Uso del germoplasma

El germoplasma se conserva para utilizarlo. El aprovechamiento depende de saber dónde está, conocer sus características y utilidad, y mantenerlo viable y disponible. El germoplasma se puede utilizar directa (uso inmediato) e indirectamente (mejora genética), como veremos a continuación (Jaramillo y Baena, 2000).

La utilización directa consiste en identificar materiales con características deseables generalmente razas nativas e introducirlos en su forma original en otras regiones. El germoplasma normalmente se introduce con fines de producción, pero se puede utilizar para restaurar un hábitat o reintroducir donde se ha perdido. Esta antigua forma de utilización es conveniente porque aprovecha materiales con buenas características, pero implica riesgos como la introducción de plagas, enfermedades y malezas, la sustitución y/o eliminación de especies nativas, y el empobrecimiento genético de las variedades locales (Jaramillo y Baena, 2000).

La forma indirecta, consiste en buscar genes en especies silvestres, formas regresivas y variedades tradicionales para introducirlos en otros cultivares con el fin de obtener materiales atractivos y fáciles de usar. Esta forma de utilización se conoce como Fito mejoramiento y busca incrementar la producción y/o mejorar la calidad de los cultivos. La producción se incrementa mejorando el rendimiento, la eficiencia fisiológica, la adaptación y los caracteres agronómicos, e introduciendo resistencia a plagas y enfermedades. La calidad se mejora elevando el contenido nutricional y la palatabilidad, o refinando atributos como forma, color y duración en almacenamiento (Jaramillo y Baena, 2000).

La gran mayoría de las variedades nativas se utilizan para la obtención de diferentes tipos de chuño. A la vez, el chuño se utiliza en diversas preparaciones de comidas, sopas (hojas y tubérculos) y así mismo se le da usos secundarios de las papas nativas como el follaje fresco en forraje para el ganado; tubérculos y hojas para usos medicinales; el líquido de los tubérculos de ciertas variedades amargas para lavar ropa (CIP, 2006).

Alrededor del 20% de los cruzamientos hechos en el CIP entre 1972 y 1986 contaron con especies silvestres o nativas como al menos uno de sus progenitores. Aunque las especies

silvestres han sido utilizadas mayormente como fuentes de resistencia a plagas y enfermedades, éstas han contribuido también con otros atributos como: mejorar el rendimiento y contenido de almidón y la resistencia a heladas (CIP, 2006).

2.4.5. Diversidad fitogenético

Son la suma de todas las combinaciones de genes, esto implica que el material (el germoplasma) tiene o puede tener valor económico o utilitario, actual o futuro. En tanto son útiles, el hombre aprovecha los recursos fitogenéticos y para ello debe conocerlos, manejarlos, mantenerlos y utilizarlos racionalmente. Sin embargo, a pesar de contribuir al sustento de la población y al alivio de la pobreza, son vulnerables; se pueden erosionar hasta desaparecer, poniendo en peligro la continuidad de nuestra especie. Paradójicamente, tanto el aprovechamiento como la pérdida de estos recursos dependen de la intervención humana (Jaramillo y Baena, 2000).

2.4.6. Germoplasma

El germoplasma es el conjunto de genes que se transmite a través de la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras. El concepto de germoplasma se utiliza comúnmente para designar a la diversidad genética de las especies vegetales, silvestres y cultivadas, de interés para la agricultura y, en ese caso, se asimila al concepto de recurso genético (Vicente, 2005).

Con el finalidad de conservar en cualquiera de sus formas reproductivas las semillas, esquejes, tubérculos, etc, se han establecido en el mundo los llamados bancos de germoplasma: su misión consiste en ubicar, recolectar, conservar y caracterizar el plasma germinal de las plantas que, por sus atributos, son consideradas de interés prioritario para beneficio de la humanidad, además de aportar conocimiento científico orientado a la optimización de la conservación y uso de los recursos filogenéticos (Vicente, 2005).

2.4.7. Colecciones del germoplasma

Las colecciones de germoplasma se clasifican en colección base, activa, núcleo, y de trabajo. La colección base agrupa a la variabilidad genética posible de las especies de interés, incluyendo parientes silvestres, formas intermedias, cultivares, variedades tradicionales y germoplasma élite. La colección activa es un duplicado de la colección base, establecida a corto y mediano plazo para manejo y distribución. Puede conservar

germoplasma en forma de semilla, en campo o in vitro. La colección núcleo reúne la mayor variabilidad genética de una especie en el menor número de muestras. Se forma duplicando la colección base, separando las accesiones que constituirán la colección núcleo y llevando el resto de la colección de reserva. La colección de trabajo o colección del mejorador se establece para suministrar germoplasma a investigadores, instituciones o programas de investigación y/o mejoramiento (Jaramillo y Baena, 2000).

2.4.8. Bancos de germoplasma

El banco de germoplasma es un área determinada de terreno o ambientes construidos, acondicionados para el almacenamiento de plántulas in vitro, plantas, jardines de colectas, plantas desarrolladas y semillas, el cual debe estar atendido por personal especializado. En el área de los recursos genéticos, un banco de germoplasma o banco de semillas es un lugar destinado a la conservación de la diversidad genética de uno o varios cultivos y sus especies silvestres relacionadas. (Mujica, 1992).

2.4.9. Accesoión

Accesión es el término utilizado para calificar toda muestra de germoplasma que presenta la variación genética de una población o de un individuo. Debe preferirse utilizar el término accesoión, aunque también se ha referido como entrada, por representar un elemento de recolección y colecta, por tratarse muestras obtenidas a través de procedimientos de colección. Señala que la accesoión de un banco genético es una muestra vegetal que se ha recibido para su procesamiento y eventual almacenamiento y evaluación. Para ser utilizado por los mejoradores las accesiones primero deben examinarse por sus reacciones y diversos organismos patógenos y a otros estreses ambientales. Las accesiones de los bancos genéticos son generalmente razas nativas o variedades tradicionales seleccionadas por los agricultores (Soto, 2001).

2.5. Caracterización

Consiste en describir sistemáticamente las variedades de una especie a partir de características cualitativas y cuantitativas, como habito de crecimiento, la altura de la planta y el color de las flores, estas características son de alta heredabilidad y no varía con el medio ambiente (Rojas, 2003).

Consiste en describir los atributos y/o características de las accesiones de las colecciones de germoplasma, para diferenciar, determinar su utilidad e identificar genes de importancia

agronómica e industrial (Rojas, 2003). Son actividades complementarias que sostienen en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, variabilidad genética y relaciones entre ellas, también localiza genes que estimulen su uso en la producción o en el mejoramiento de cultivos (Jaramillo, 2000).

Según Cadima (2009), la caracterización, como parte integrante del manejo de recursos genéticos, permite medir características fenotípicas en base a las cuales se puede clasificar un determinado germoplasma, con la perspectiva de utilizar dicha información en programas de mejoramiento.

2.5.1. Morfología de la planta

Es una planta anual con varios tallos aéreos, gruesos, carnosos y que crecen de 0,5 a 1m de altura, hojas anchas dispuestas en forma alterna y con folíolos pequeños. Pueden presentar flores terminales que dan como resultado frutos en bayas de 1 a 3 cm de diámetro con gran cantidad de semilla botánica (Canqui y Morales, 2009). En la parte subterránea presenta estolones que posteriormente se convierten en tubérculos de diferentes formas, con ojos profundos o superficiales, piel y pulpa de diferentes colores o combinaciones. La raíz se desarrolla en verticilio, en los nudos del tallo principal, siendo su crecimiento inicial vertical dentro de la capa arable, luego horizontal de 15 a 39 cm. El periodo vegetativo de la papa común puede variar según las variedades, desde muy precoz 90 días a muy tardío 180 días (Canqui y Morales, 2009).

2.5.2. Descripción botánica de la papa

2.5.2.1. Raíz

La raíz formada a partir de semilla tubérculo es fibrosa, no existe una raíz principal y posee muchas raíces adventicias. En las plantas provenientes de semilla sexual, la raíz principal es filiforme, a partir de la cual aparecen ramificaciones laterales que forman un sistema fibroso. La raíz formada a partir de semilla tubérculo es fibrosa, no existe una raíz principal y posee muchas raíces adventicias. Su mayor crecimiento lo desarrolla en los primeros 0,20 m de profundidad, extendiéndose lateralmente de 0,30 hasta 0,60 m. Las raíces laterales fibrosas pueden llegar hasta 1,20 m de profundidad, en suelos francos y profundos (CENTA, 2002).

2.5.2.2. Tallo

Los tallos se van engrosando para formar unos cuantos o hasta un máximo de 20 tubérculos cerca de la superficie del suelo. Cada tubérculo tiene entre dos y hasta 10 brotes (u “ojos”), dispuestos en forma de espiral alrededor de su superficie. El tallo es único, aunque algunas veces ramifica. Generalmente es de color verde y algunas veces puede ser marrón-rojizo o morado (CENTA, 2002).

2.5.2.3. Hojas

Las hojas son compuestas, con siete a nueve folíolos (imparipinnadas), de forma lanceolada y se disponen en forma espiralada en los tallos. Son bifaciales, ambas epidermis están compuestas por células de paredes sinuosas en vista superficial (CENTA, 2002).

2.5.2.4. Flores

La flor es pentámera tetracíclica, posee 5 estambres de color amarillo, anaranjado y un solo pistilo. La inflorescencia de la papa es una cima terminal que puede ser simple o compuesta. El color de las flores es variable: rosado, blanco, morado (varios tonos) o mezcla de 2 colores. No todas las variedades provenientes de papa-tubérculo y de semilla sexual florecen y forman bayas, en las variedades provenientes de semilla sexual la floración se retarda unas dos semanas más (CENTA, 2002).

2.5.2.5. Fruto y semilla

El fruto es una baya de forma redonda, alargada ovalada o cónica de color verde, este puede contener aproximadamente de 300 a 400 semillas. Las 7 semillas son amarillas o castañas-amarillentas, pequeñas ovaladas o uniformes (Pardavé, 2004).

2.5.2.6. Estolones

El estolón es el que da origen a los tubérculos que son los tallos carnosos. El tejido vascular de los tallos y estolones toma inicialmente la forma de haces biclaterales, con grupo de células floemáticas de pared delgada en la parte externa de la xilema y hacia el centro en la parte interna de la xilema (Cuesta, 2006).

2.6. Fases fenológicas de la planta

Según al (CIP, 2006), el ciclo fenológico del cultivo de papa se puede dividir en diferentes fases, iniciando desde la fase de emergencia o brotación hasta la fase de maduración y la cosecha, la duración del ciclo fenológico está determinada por la variedad y las condiciones agroclimáticas de cada una de las regiones productivas.

Brotación. - El brotamiento que se produce antes de la siembra es importante para determinar el estado fenológico del tubérculo – semilla, al momento de la plantación. El estado fisiológico en el que se encuentra el tubérculo-semilla al momento de la siembra determina el rendimiento y el periodo vegetativo de la papa.

Emergencia. - Es cuando la planta ha emergido del suelo y ocurre normalmente a los 30 a 40 días de la siembra.

Formación de estolones. - Se considera cuando las yemas de la parte subterránea de los tallos inician su crecimiento horizontal en forma de ramificaciones laterales. Ocurre aproximadamente de los 15 a 20 días de la emergencia.

Inicio de la floración. - Se considera cuando la corola en la primera flor de la inflorescencia se abre completamente, lo que generalmente ocurre a los 20 a 25 días a la emergencia.

Inicio de la tuberización. - Esta fase se caracteriza por el agrandamiento de la fase distal de los primeros estolones formados y ocurre a los 35 a 40 días de la emergencia.

Final de la floración. - Se considera como la última flor de la planta cuando inicia su marchitamiento y secado. Esto ocurre aproximadamente de los 55 a 85 días de la emergencia.

Formación de bayas. - El fruto de la planta de papa corresponde a una baya, la cual puede presentar una forma redonda, alargada, ovalada o cónica; su diámetro generalmente fluctúa entre 1 y 3 cm, y su color puede variar de verde a amarillento, o de castaño rojizo a violeta. Las bayas presentan dos lóculos y pueden contener aproximadamente entre 200 y 400 semillas.

Las bayas se presentan agrupadas en racimos terminales, los cuales se van inclinando progresivamente en la medida que avanza el desarrollo de los frutos

Final de la tuberización. - Es cuando el último estolón de la planta inicia su engrosamiento en su extremo distal.

Madurez fisiológica. - Según Cisneros (1988), sucede a los 135 a 140 días después de la emergencia, se caracteriza por el cambio de color de las hojas, la piel de los tubérculos se encuentra bien adherida y no se desprende a una simple fricción de los dedos.

Los tubérculos se encuentran maduros y ocurre la senescencia y abscisión de la parte aérea indicando así inicio de la cosecha. En general el periodo vegetativo de las papas dulces es de 160 a 175 días mientras que en las papas amargas es de 170 a 180 días.

2.7. Descriptores

Permiten la descripción relativamente fácil entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables que pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes (Franco e Hidalgo, 2003).

2.8. Estadística descriptiva

Es un método que implica la recolección y caracterización de un conjunto de datos, con el fin de describir de forma apropiada la diversidad de características en los resultados, solo es descriptivo cuando se analiza y describe los datos (Ochoa, 2008).

Se puede identificar tres parámetros de medida; los estadísticos de tendencia central (media, mediana y moda), las medidas de dispersión (rango, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación) y medidas de distribución (sesgo y curtosis), estos parámetros muestran valores representativos (Ochoa, 2008).

- a. **La media aritmética.** - Es una medida de tendencia central que ayuda a caracterizar el germoplasma y permite relacionar un atributo de una accesión con un valor central de dicho atributo.
- b. **El rango de variación o amplitud total.** - Se define como la diferencia entre el valor mínimo y el máximo de cualquier variable sobre el conjunto de accesiones estudiadas.
- c. **La desviación estándar.** - Cuantifica la magnitud de la variación respecto a la media aritmética y se expresa en las mismas unidades que las observaciones

originales. Proporciona una idea del estado (próxima o dispersa) de la mayoría de las accesiones de la colección en relación con una característica considerada.

- d. **El coeficiente de variación.** - Es una medida relativa de variación que define más intrínsecamente la magnitud de la variabilidad de los caracteres estudiados debido a que es independiente de las unidades de medida. Facilita la comparación de la variabilidad de una misma característica en dos grupos de accesiones o de caracteres medidos sobre la misma colección.

2.8.1. Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados es un método analítico que se aplica para clasificar las accesiones de un germoplasma (o variables) en grupos relativamente homogéneos con base en alguna similitud existente entre ellas. Éste análisis clasifica un conjunto de n accesiones o p variables en un número pequeño de grupos o conglomerados, donde la formación de estos grupos puede obedecer a leyes naturales o a cualquier conjunto de características comunes a las accesiones (Rojas, 2003).

Es un método analítico que se puede utilizar para clasificar accesiones (o variables) en grupos relativamente homogéneos en función de la similitud conocida de las accesiones (o variables). El propósito de este análisis es clasificar un conjunto de " n " accesiones o " p " variables en pequeños grupos o conglomerados cuya formación sigue las leyes de la naturaleza. También menciona que se utiliza para clasificarlos en grupos lo más homogéneos posible, los individuos colocados en un mismo grupo serán lo más parecidos posible, lo que se denomina clasificación numérica (Hidalgo, 2003).

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

El trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, del municipio de Laja de la provincia Los Andes, geográficamente está situado a 16°31'0" latitud sur (LS) y a 68°19'0" Longitud oeste (LW) a una altitud de 3,935 metros sobre el nivel del mar y a 26 km de la ciudad de La Paz (Serrano, 2013).



Fuente: Google Earth (septiembre 2024)

Figura 1. Ubicación de la parcela de papa nativa en el centro Kallutaca

3.1.2. Características Edafoclimáticas

Clima

El Centro 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 promedio

desde -5 °C, con una precipitación promedio de 435,6 mm y humedad relativa de 76% en promedio (SENAMHI, 2019).

La precipitación media anual es de 613,1 mm/año, en tanto que las mayores precipitaciones se registran entre los meses de diciembre y enero con 113,1 a 141,3 mm/mes respectivamente (Serrano, 2013).

Suelo

En base a los análisis físico-químicos de suelos indica que el área de referencia posee suelos con texturas franco-arcillosos, con densidad aparente de 1,32 y 1,11 g*cm³ respectivamente. En cuanto al pH del suelo registra un valor de 7,4 entre ligeramente neutro a moderadamente alcalino, por otra parte, la conductividad eléctrica se encuentra en 2,280 21 μS*cm, lo que sugiere la prevalencia de sales con baja solubilidad o que la intervención de factores de solubilidad es reducida.

Sin embargo, en algunos sectores de la zona se evidencian afloraciones blanquecinas que probablemente correspondan a sales con baja solubilidad (SO₄Ca, CO₃Ca, CO₃Mg), en cuanto a la materia orgánica se tiene un valor de 4,4% (Guarachi y Serrano, 2011).

Vegetación

Está conformada mayormente por las siguientes especies silvestres: paja brava (*Achnatherum ichu*), Tola (*Parestrephya lepidophylla*), Chilligua (*Festuca arundinacea*), Munimuni (*Heterospora tenuisectum*), Chiji (*Distichlis humilies* Phil), Chichipa (*Tajetes multiflora*), Cebadilla (*Bromus inermis*), Diente de león (*Tarazacum officinalis*), Bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastori* L.), Aguja-aguja (*Erodium cicutarium*), Qora lupu-lupu (*Tarasa tenella* Krapov.), Mostaza (*Brassica rapa* L.), Muni muni (*Bidens andiloca*).

Entre los principales cultivos se encuentran los tubérculos (papa, oca, papalisa, isaño, etc), entre granos andinos (quinua y cañahua) y gramíneas (Serrano 2013).

3.2. Materiales

3.2.1. Material Genético

Para el presente trabajo de investigación se utilizó semilla de 45 accesiones de papa nativa, que forma parte de la colección de germoplasma de papa nativa del centro Experimental de Kallutaca, que se detalla en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Detalle de la colección de papas nativas del germoplasma de Kallutaca

ID	CÓDIGOS	ID	CÓDIGOS	ID	CÓDIGOS
1	UPEA-AGRO-ST-001	16	UPEA-AGRO-ST-016	31	UPEA-AGRO-ST-031
2	UPEA-AGRO-ST-002	17	UPEA-AGRO-ST-017	32	UPEA-AGRO-ST-032
3	UPEA-AGRO-ST-003	18	UPEA-AGRO-ST-018	33	UPEA-AGRO-ST-033
4	UPEA-AGRO-ST-004	19	UPEA-AGRO-ST-019	34	UPEA-AGRO-ST-034
5	UPEA-AGRO-ST-005	20	UPEA-AGRO-ST-020	35	UPEA-AGRO-ST-035
6	UPEA-AGRO-ST-006	21	UPEA-AGRO-ST-021	36	UPEA-AGRO-ST-036
7	UPEA-AGRO-ST-007	22	UPEA-AGRO-ST-022	37	UPEA-AGRO-ST-037
8	UPEA-AGRO-ST-008	23	UPEA-AGRO-ST-023	38	UPEA-AGRO-ST-038
9	UPEA-AGRO-ST-009	24	UPEA-AGRO-ST-024	39	UPEA-AGRO-ST-039
10	UPEA-AGRO-ST-010	25	UPEA-AGRO-ST-025	40	UPEA-AGRO-ST-040
11	UPEA-AGRO-ST-011	26	UPEA-AGRO-ST-026	41	UPEA-AGRO-ST-041
12	UPEA-AGRO-ST-012	27	UPEA-AGRO-ST-027	42	UPEA-AGRO-ST-042
13	UPEA-AGRO-ST-013	28	UPEA-AGRO-ST-028	43	UPEA-AGRO-ST-043
14	UPEA-AGRO-ST-014	29	UPEA-AGRO-ST-029	44	UPEA-AGRO-ST-044
15	UPEA-AGRO-ST-015	30	UPEA-AGRO-ST-030	45	UPEA-AGRO-ST-045

3.1.3. Materiales de gabinete

Se utilizó los siguientes materiales: computadora, paquete de Microsoft office, calculadora, reglas, bolígrafos, cámara fotográfica, balanza de precisión, memoria USB, libro de campo y descriptor de papa.

3.1.4. Materiales de campo

Se utilizó: picotas, palas, rastrillos, carretilla, wincha, flexo, hilo de construcción, estacas de madera, letreros de identificación, marbetes, bolsas red y bolsas yute

3.2. Metodología

3.1.1. Procedimiento del ensayo experimental

a) Delimitación del terreno

El área total de la investigación utilizada fue de 376,20 m² (19 m x 19,80 m), dividido en 5 subparcelas con un área de 57 m² (3m x 19m) separadas por un pasillo de 1,20 m de ancho, cada subparcela se dividió en 9 unidades experimentales de 6,33 m² (2,11m x 3m), con un área cultivada de 285 m².

b) Preparación del terreno

Se realizó el roturado del suelo con la ayuda de un tractor agrícola a inicios de octubre, seguidamente se realizó el mullido, posteriormente se realizó la delimitación de las áreas de siembra y pasillos.



Figura 2. Preparación del terreno

Días antes de la siembra se procedió a remover y retirar el suelo del área de los pasillos a una profundidad de 0,50 m, con la finalidad de evitar encharcamiento en la época de lluvias.

c) Siembra

La siembra se realizó el 13 de octubre con el apoyo de los estudiantes de carrera, para lo cual se habilitó a 3 surcos por unidad experimental con una distancia entre surcos de 0,70 m y una profundidad de 0,20 m seguidamente se incorporó 2 kg/m² de abono. Posteriormente se realizó la siembra de la semilla de papa, colocando a una distancia de 0,40 m entre

semillas llegando a sembrar 21 tubérculos por accesión, finalmente se procedió a cubrir la semilla con el suelo (Figura 3).



Figura 3. Siembra accesiones de papa nativa

3.1.2. Seguimiento y desarrollo del ensayo

a) Aporque

Se realizó a mediados de enero de forma manual con ayuda de una chuntilla. Cuando las malezas alcanzaron una altura de 7 cm, a las 12 semanas de la siembra. La labor de aporque alto se realizó para profundizar los surcos, aflojar el suelo, evitar el ingreso de la larva del gorgojo de los andes, favoreciendo la aireación y la circulación del agua con la finalidad de optimizar el crecimiento y desarrollo del cultivo.

b) Desmalezado

El desmalezado se realizó al momento del aporque, retirando las malezas para evitar competencia por nutrientes y favorecer el crecimiento y desarrollo de la planta.

c) Riego

Posterior a la siembra se registraron días calurosos con temperaturas máximas de 21,5 °C y con bajas precipitaciones registrándose 36,3 mm, por consiguiente, se apoyó con riego por inundación en 3 oportunidades (9, 15 y 18 noviembre), para favorecer la emergencia y el crecimiento del cultivo.

d) Identificación con letreros por accesión

En fecha 24 de noviembre, se procedió a realizar la identificación de cada unidad experimental para lo cual se utilizó letreros metálicos con el código de cada una de las 45 accesiones de papa nativa, como se observa en la Figura 4.



Figura 4. Colocado de letreros por unidad experimental

e) Identificación de muestras

Por cada accesión se identificó 7 plantas al azar, las cuales fueron marbeteadas para su evaluación y registro de datos, para la identificación de muestras se consideró el efecto bordura (Figura 5).



Figura 5. Identificación de la muestra de papa nativa

f) Cosecha

La cosecha se realizó el 18 de abril de forma manual con ayuda de las chuntillas, inicialmente se cosechó las plantas marbeteadas en bolsas red con su respectiva identificación, para luego cosechar el resto de las plantas (Figura 6).



Figura 6. Cosecha de papa nativa

g) Embolsado y traslado

Los tubérculos cosechados de las plantas marbeteadas se colocaron en bolsas red de 1 kg de capacidad y el resto de los tubérculos en bolsas yute quintaleras, todas con sus respectivos marbetes de identificación. Posterior a la cosecha y embolsado se realizó el traslado al depósito para su resguardo.



Figura 7. Embolsado y traslado al depósito la papa cosechada

3.1.3. Evaluación y análisis

3.1.4. Análisis estadístico

En el presente trabajo de investigación, la siembra se realizó por el método surco por entrada en 5 bloques (camellones) de 45 accesiones de papa nativa.

Los datos de las variables cualitativas y cuantitativas evaluadas en las 45 accesiones de papa nativa se registraron en un libro de campo para su respectivo análisis y evaluación. La información obtenida fue tabulada, codificada en Microsoft Office Excel 2016 y procesada con los programas estadísticos, SSPS (IBM Statistics versión 26), que permitió la estructuración del análisis.

Los análisis estadísticos utilizados fueron:

- Análisis descriptivo y distribución de frecuencias.
- Análisis de correlación de Pearson.
- Análisis de conglomerados.

3.1.5. Variables de respuesta

En el trabajo de investigación se consideraron un total de 13 variables de respuesta, siete variables cualitativas (hábito de crecimiento, color de tallo, color de flor, tamaño de la flor, grado de floración, color predominante en la piel del tubérculo y forma del tubérculo), y seis variables cuantitativas (número de tallos, altura de planta, cobertura foliar, número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta y rendimiento), que fueron evaluadas en base a los descriptores morfológicos de la papa.

Las evaluaciones se realizaron en base al descriptor de papa y para determinar el color de la flor y la piel del tubérculo se basó en la tabla de colores adjunto al descriptor.

3.1.6. Variables cualitativas

El registro de datos las siete variables cualitativas evaluadas, se basó en los Descriptores morfológicos de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Los caracteres morfológicos utilizados para evaluar las 45 accesiones de papa nativa se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Detalle de las variables cualitativas evaluadas en el cultivo de la papa nativa campaña agrícola 2021 – 2022

VARIABLES	COD.	CATEGORIZACIÓN
Hábito de crecimiento	HCR	1 Erecto 3 Semi-erecto 5 Decumbente, cuando los tallos se arrastran sobre la superficie del suelo pero mantienen la parte apical erguidos. 7 Postrado, cuando los tallos se arrastran sobre la superficie del suelo.
Color del tallo	CTA	1 Verde 2 Mayormente verde 3 Verde con muchas manchas pigmentadas 4 Pigmentado con muchas manchas verdes 5 Mayormente pigmentado 6 Rojo 7 Morado
Color de la flor	CFL	1 Blanco 2 Rojo rosado 3 Rojo morado 4 Celeste 5 Azul morado 6 Lila 7 Morado 8 Violeta
Tamaño de la flor	TFL	0 No florea 1 Pequeña (< 30 mm) 3 Intermedio (30 a 40 mm) 5 Grande (41 a 50 mm) 7 Muy grande (>50mm)
Grado de floración	GFL	0 Ausente 1 Botones florales que se caen 3 Escaso 5 Moderado 7 Profuso
Color Predominante de la Piel del Tubérculo	CT	1 Blanco-crema 2 Amarillo 3 Anaranjado 4 Marrón 5 Rosado 6 Rojo 7 Morado rojizo 8 Morado 9 Morado violeta

Forma del tubérculo	FT	1 Comprimido, el eje mayor es el más corto 2 Esférico, el contorno es casi circular. 3 Ovoide, parecido a la sección longitudinal de un huevo. La parte más ancha está dentro del 1/3 de la distancia desde el extremo de inserción del estolón. 4 Obovoide, inversamente ovoide con la parte más ancha dentro del 1/3 de la distancia desde el extremo apical donde están los ojos. 5 Elíptico, con aproximadamente el mismo ancho a distancias iguales desde los extremos que son ligeramente agudos. 6 Oblongo, con un contorno casi rectangular que tiene los lados casi paralelos y las esquinas redondeadas. La proporción del largo y el ancho debe ser más de 1.5. 7 Largo-oblongo, la proporción del largo y el ancho debe ser cercana a 2. 8 Alargado, la proporción del largo y el ancho debe ser cercana a 3.
----------------------------	----	--

Fuente: Elaboración propia

3.1.7. Variables cuantitativas

Para el registro de datos de las seis variables cuantitativas evaluadas, se basó en los Descriptores morfológicos de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Los caracteres morfológicos utilizados para evaluar las 45 accesiones de papa nativa se describen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Detalle de las variables cuantitativas evaluadas en el cultivo de la papa nativa, campaña agrícola 2021 – 2022

VARIABLES	CÓDIGO	CATEGORIZACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
Número de tallos	NT	Se contabilizaron los tallos por cada planta en la floración.	Unidades
Altura de planta	AP	3 Corto (<75 cm) 5 Mediano (75-100 cm) 7 Alto (>100 cm) Para esta variable, se midió desde la base del tallo hasta la parte superior de la planta utilizando un flexómetro	cm
Cobertura Foliar	COF	Esta variable se registró en pleno desarrollo del cultivo-floración, tomando en cuenta toda la parte foliar de la planta	cm
Número de tubérculos	NTP	Para esta variable se contabilizaron los tubérculos obtenidos de cada planta marbeteada.	Unidades

Peso de tubérculos planta	PTP	Se tomó el dato a la cosecha de los tubérculos, pesando los tubérculos obtenidos de cada planta. para este procedimiento se utilizó una balanza electrónica	kg
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 ³ ha-1

Fuente: Elaboración propia

3.1.8. Análisis descriptivo y distribución de frecuencias

Según Hidalgo (2003), permiten estimar y describir el comportamiento de las diferentes accesiones en relación con cada carácter. Los más comunes son el promedio, la media aritmética, el rango de variación, la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), que se utilizan en el análisis de datos cuantitativos. La aplicación del análisis descriptivo el cual permite obtener resultados preliminares, permitiendo la caracterización de datos cuantitativos y su distribución en todas las muestras. A través de este método, podemos proporcionar una descripción general completa de las características y patrones del conjunto de datos.

Al aprovechar las estadísticas descriptivas, como medidas de tendencia central, dispersión y representaciones gráficas, se obtuvo una comprensión más profunda de la estructura y las tendencias del conjunto de datos, para realizar este análisis se utilizó el programa estadístico SPSS versión 26.

3.1.9. Análisis de correlación de Pearson para variables cuantitativas

Para el análisis de datos de las variables cuantitativas se utilizó el método de correlación de Pearson. Según la correlación simple de Pearson tiene como finalidad determinar el grado de asociación o correlación existente entre dos variables, el valor puede oscilar entre -1 y +1, valores próximos a 1 muestran una correlación positiva y próximos a -1 una correlación negativa y si el valor es próximo a 0 debe ser interpretado con reserva ya que puede indicar independencia entre variables o una relación no lineal.

3.1.10. Análisis de conglomerados para variables cuantitativas y cualitativas

Este procedimiento intenta identificar grupos relativamente homogéneos de variables basándose en alguna similitud existente entre ellas, mediante un algoritmo que comienza con cada variable en un clúster diferente y combina los clústeres hasta que sólo queda uno. Dado que el objetivo fundamental de un análisis de conglomerados es realizar una partición de la muestra en grupos similares, el punto de partida es una matriz de similitudes o de distancias entre los sujetos, objetos o variables que queremos agrupar (IBM, 2021).

En los métodos de clasificación juega un rol importante el índice de similitud o distancia utilizada, es a partir del cálculo de distancias entre individuos o grupos resultado que se utiliza finalmente para conformar los grupos, estando dentro de un mismo conglomerado con un valor de distancia “pequeño” entre ellos (Varela, 1998).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento climático

4.1.1. Temperatura y precipitación

En la Figura 8, se observa las temperaturas (°C) máximas, mínimas y medias y las precipitaciones (mm), registradas en la estación experimental de Kallutaca en la gestión agrícola 2021 - 2022, dependiente de la Carrera de Agronomía de la Universidad Pública de El Alto.

Como se observa en la Figura 8, en la época de siembra se registró una escasa precipitación de 27,4 mm con días calurosos alcanzando temperaturas máximas de 21,1 °C, en el mes de noviembre también se registró una baja precipitación de 36,3 mm como promedio con temperaturas que llegaron a 21,5 °C.

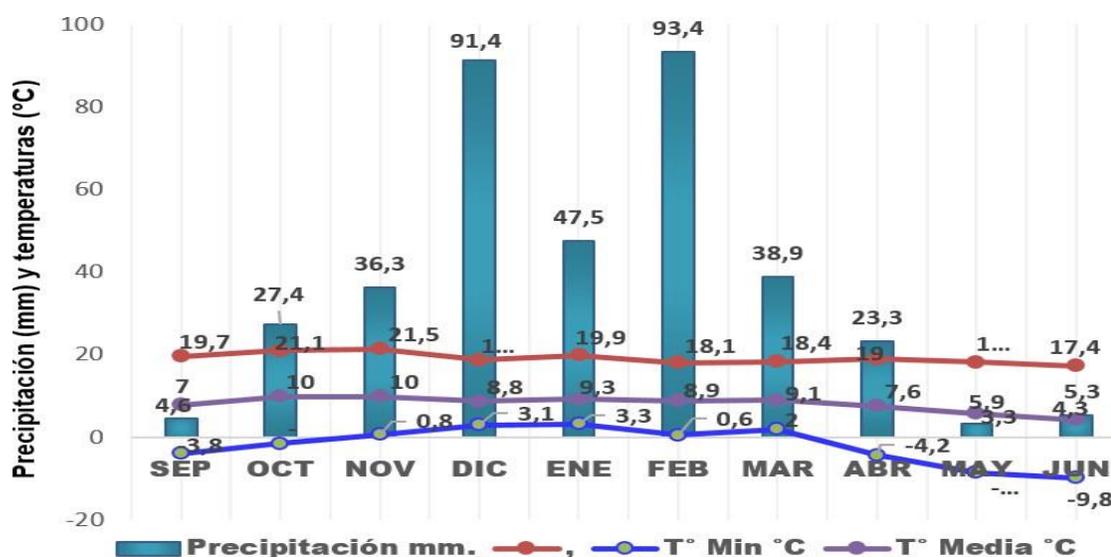


Figura 8. Datos de temperatura máximas, mínimas, medias (°C) y precipitación (mm), en la estación de Kallutaca en la gestión 2021-2022

Las condiciones climáticas adversas (altas temperaturas y bajas precipitaciones), incidieron de forma negativa en la emergencia de muchas accesiones. Registrándose a mediados de enero entre 65 y 100 % de emergencia en 40 accesiones y en 5 accesiones se registró una emergencia del 25%, esta variación en la emergencia se asume a los factores climáticos adversos (baja precipitación y altas temperaturas), posterior a la siembra.

En los meses de diciembre 2021 y febrero 2022 se registraron altas precipitaciones de 91,4 y 93,4 mm respectivamente, lo que incidió de forma negativa, ocasionando anegamiento de la parcela, con temperaturas máximas de 18,1 °C y una mínima de 0,6°C esta baja temperatura se registró a horas de la madrugada lo que incidió en la presencia de heladas, siendo la parte foliar afectada.



Figura 9. Acceso ST 001 afectada por las altas precipitaciones

La cosecha se realizó el 18 de abril, registrándose una precipitación de 23,3 mm con una temperatura máxima de 19 °C y una mínima de 4,2°C estas condiciones afectaron en la cosecha por la alta humedad del suelo.

4.2. Descripción de las características morfológica de las variables cualitativas

Se describe los caracteres cualitativos observados en las 45 accesiones de papa nativa. En el Cuadro 4, se detalla las variables, descripción, frecuencia nominal y la frecuencia porcentual.

Las características de la plántula corresponden a Hábito de crecimiento (HC), Color del tallo (CT), Color predominante de la flor (CPF), Grado de floración (GF), Tamaño de la flor (TF), Color de tubérculo (CT) y Forma del tubérculo (FT).

4.3. Distribución de frecuencias variables cualitativas

Cuadro 4. Detalle descriptivo de las características de las variables cualitativas

Variable	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Hábito de crecimiento (HCR)	Erecto (1)	20	44,4
	Semierecto (3)	24	53,3
	Postrado (7)	1	2,2
	Total	45	100,0
Color de tallo (CTA)	Verde (1)	16	35,6
	Mayormente verde (2)	15	33,3
	Verde con muchas manchas pigmentadas (3)	14	31,1
	Total	45	100,0
Color de flor (CFL)	Blanco (1)	12	26,7
	Rosado (2)	1	2,2
	Azul morado (5)	1	2,2
	Lila (6)	7	15,6
	Morado (7)	1	2,2
	Violeta (8)	23	51,1
	Total	45	100,0
Tamaño de la flor (TFL)	Pequeña (<30mm)	2	4,4
	Intermedio(30 a 40mm)	24	53,3
	Grande (41 a 50mm)	19	42,2
	Total	45	100,0
Grado de floración (GFL)	Botones florales que se caen (1)	1	2,2
	Escaso (3)	11	24,4
	Moderado (5)	21	46,7
	Profuso (7)	12	26,7
	Total	45	100,0
Color de tubérculo (CT)	Amarillo (2)	2	4,4
	Anaranjado (3)	5	11,1
	Marrón (4)	5	11,1
	Rojo (6)	2	4,4
	Morado rojizo (7)	13	28,9
	Morado (8)	8	17,8
	Morado violeta (9)	10	22,2
	Total	45	100,0
Forma del tubérculo (FT)	Comprimido (1)	11	24,4
	Esférico (2)	6	13,3
	Obovoide (4)	1	2,2
	Elíptico (5)	5	11,1
	Oblongo (6)	13	28,9

Largo - oblongo (7)	7	15,6
Alargado (8)	1	2,2
Oblongo tuberosado (9)	1	2,2
Total	45	100,0

Fuente: Elaboración propia

4.4. Hábito de crecimiento (HCR)

En la Figura 10, se observa que 24 accesiones: ST 001, ST 006, ST 008, ST 009, ST 010, ST 013, ST 014, ST 016, ST 018, ST 020, ST 023, ST 026, ST 027, ST 030, ST 031, ST 033, ST 034, ST 037, ST 038, ST 039, ST 042, ST 043, ST 044 y ST 045, presentan un hábito de crecimiento semi erecto.

Según Mamani (2009), en evaluaciones realizadas en eco tipos de papa nativa registra cuatro variedades con un crecimiento erecto con una frecuencia de 3.39 %, también se muestra 58 variedades con un crecimiento semi erecto con frecuencia de 49.15 %.

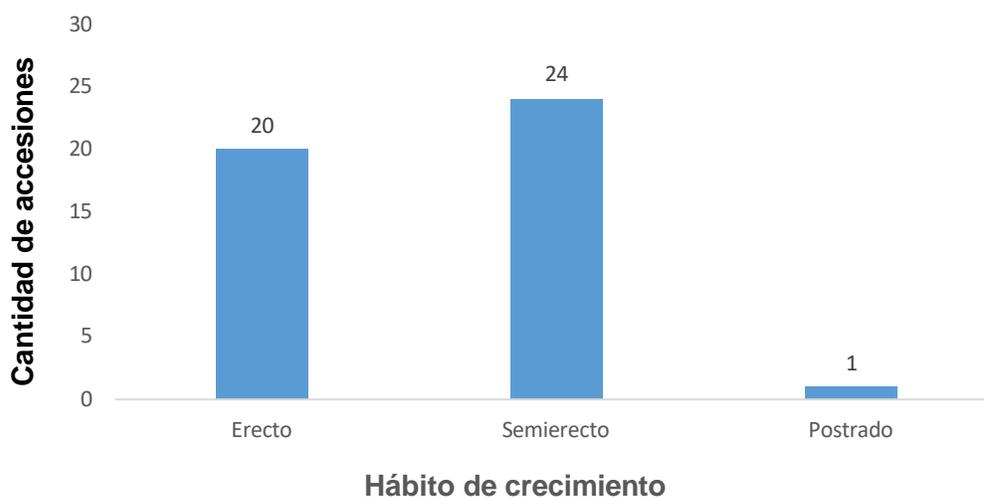


Figura 10. Hábito de crecimiento en 45 accesiones de papa nativa

El hábito de crecimiento erecto se registró en 20 accesiones: ST 002, ST 003, ST 004, ST 005, ST 007, ST 011, ST 012, ST 015, ST 017, ST 019, ST 021, ST 022, ST 024, ST 028, ST 029, ST 032, ST 035, ST 036, ST 040 y ST 041. Y la accesión ST 025 con hábito de crecimiento postrado. Según Orihuela (2018), en evaluaciones realizadas en accesiones de papa nativa también registro 1 accesión con el tipo de crecimiento postrado. Siendo el menos común.



Figura 11. Hábito de crecimiento erecto acc. ST 032 (a) y semi erecto acc. ST 008 (b)

Al respecto Huamán (2000), afirma que el hábito de crecimiento de la papa cambia entre las especies y dentro de cada especie y estos pueden ser de tipo; erecto, arrosetado, decumbente y postrado.

La papa nativa según el agricultor tiene un hábito de crecimiento postrado semi erecto, hojas gruesas y de verde oscuro (Tapia, 2008).

4.5. Color de tallo (CTA)

En referencia a la Figura 12, un total de 16 accesiones registraron con frecuencia un color de tallo verde, 15 accesiones presentaron el color de tallo mayormente verde y 14 accesiones con el color de tallo verde con muchas manchas pigmentadas.

Al respecto Huamán (1999), menciona generalmente el color de los tallos es verde, pero en algunas veces pueden ser de color marrón rojizo o morado.

El color de tallo es el grado de pigmentación, es decir la proporción de las pigmentaciones moradas o rojizas frente a las áreas verdes y estos pueden ser: verde, verde con pocas manchas y verde con muchas manchas, donde predomina el verde, además de existir pigmentado con abundante verde, pigmentado con poco verde, rojizo y morado.

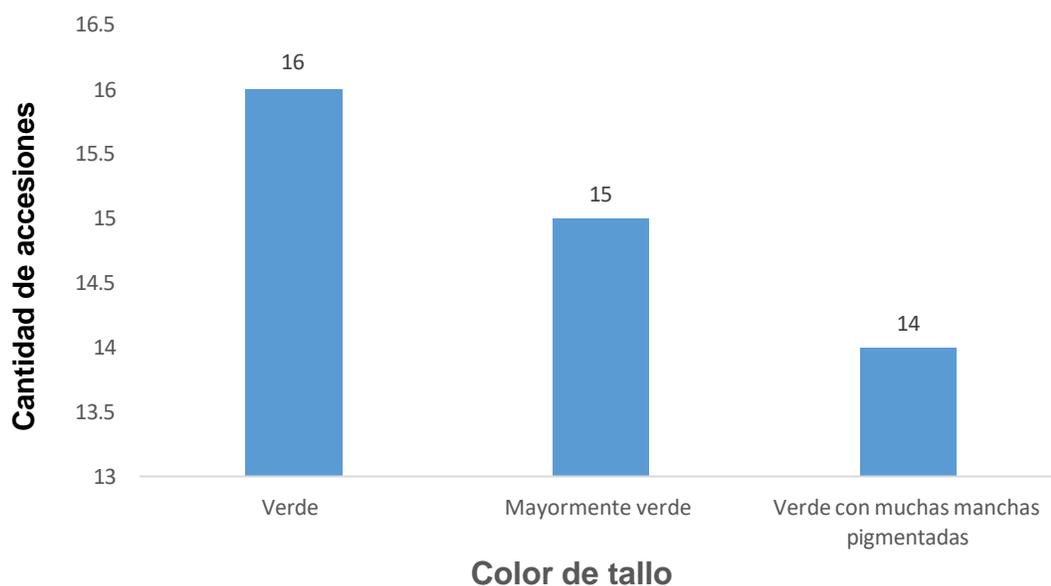


Figura 12. Color de tallo en 45 accesiones de papa nativa

4.6. Color predominante de la flor (CFL)

Con respecto a la variable color predominante de la flor, 23 accesiones frecuentemente presentaron un color de flor violeta claro e intermedio (8), 12 accesiones registraron color de flor blanca (1). El color lila (6) en la flor se registró en 7 accesiones, 1 accesión de color rosado claro (2), 1 accesión el color de flor azul morado (5) y 1 accesión presento el color morado (7) como color predominante en la flor según se observa en la Figura 13.

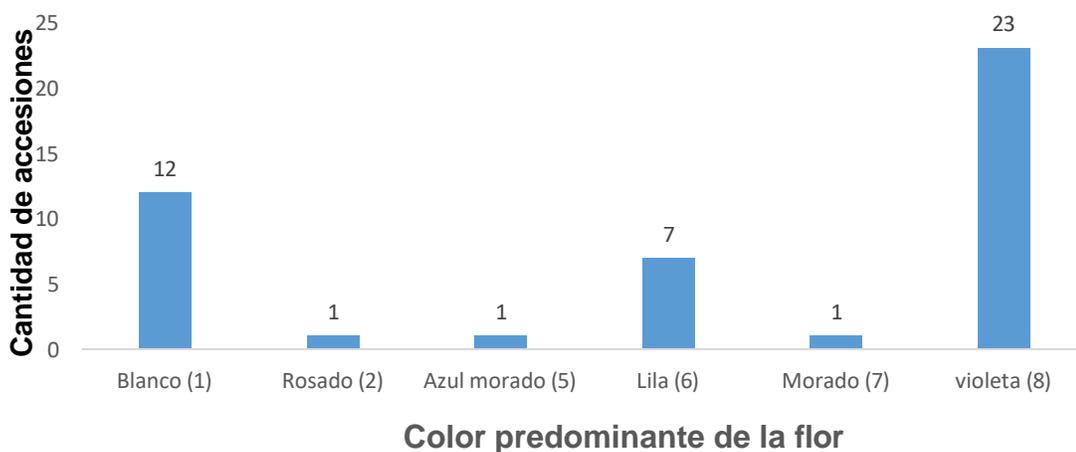


Figura 13. Color predominante de la flor en 45 accesiones de papa nativa

Como se observa en la Figura 14, y según la tabla de colores básicos de la flor del descriptor de la papa, se observan colores que van de claro (1), intermedio (2) y oscuro (3).

Según Orihuela (2018), en evaluaciones realizadas en caracterizaciones de papa, encontró similares resultados, del total de las papas nativas, 14 ecotipos muestran flores de color morado con una variación de 38,89 %, 7 ecotipos muestran un color violeta y finalmente 1 ecotipo de color rojo - rosado con una mínima frecuencia de 2,78 %.

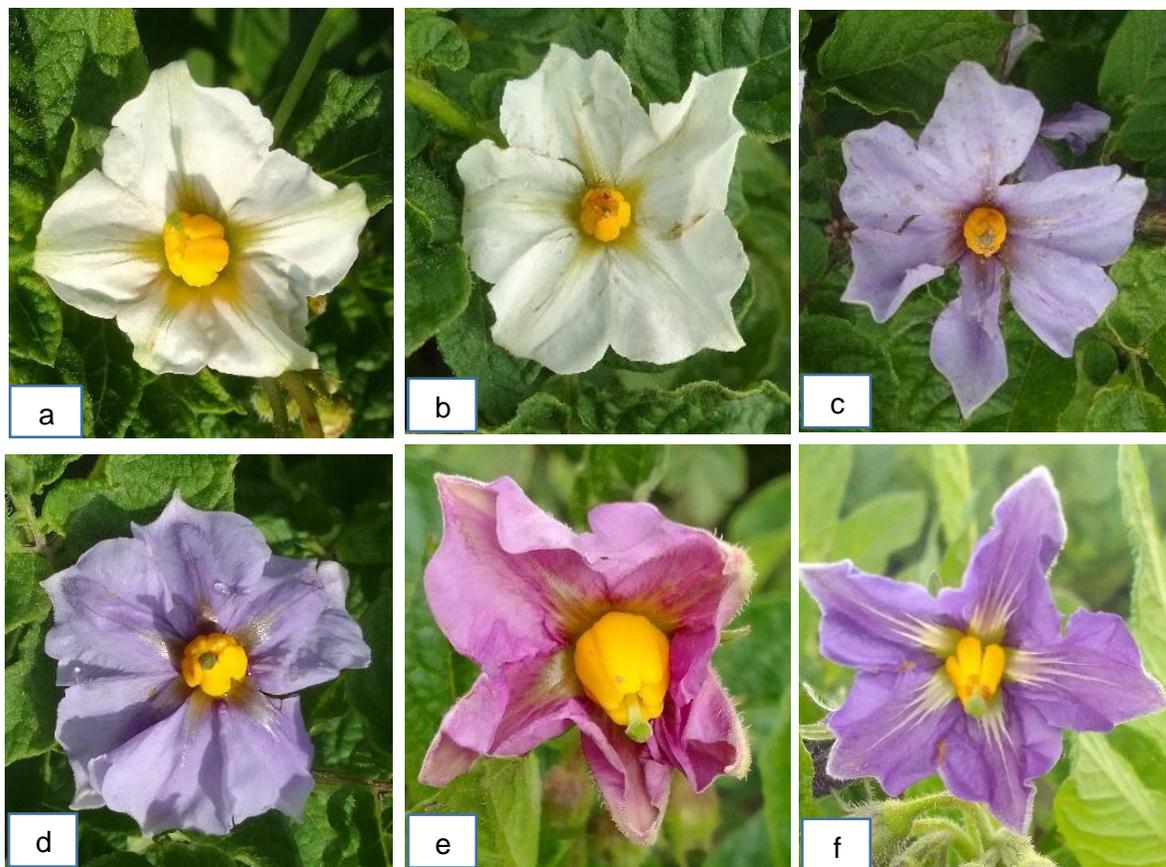


Figura 14. a) color de la flor blanca accesión ST 038, b) color rosado claro accesión ST 015, c) color azul morado accesión ST 003, d) color lila accesión ST 007, e) color morado claro accesión ST 034 y f) color violeta intermedio accesión ST 044.

4.7. Tamaño de la flor (TFL)

De las 45 accesiones de papa nativa, 24 accesiones registraron el tamaño de la flor intermedio (3) entre 30 a 40 milímetros de diámetro, 19 accesiones presentaron el tamaño

de flor grande (5) entre 41 a 50 milímetros de diámetro y 2 accesiones registro el tamaño de flor pequeña (1) menor a 30 milímetros de diámetro (Figura 15 y 16).

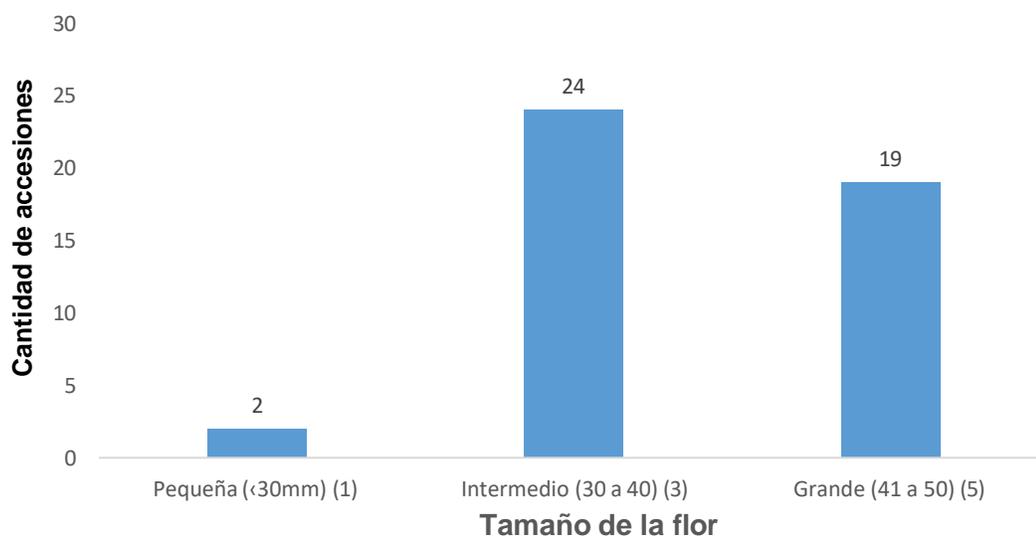


Figura 15. Tamaño de la flor en 45 accesiones de papa nativa

Según Navarro (2000), menciona similares registros en las flores de papa con 3 a 4 cm de diámetro, con cinco pétalos unidos por sus bordes que le dan a la corola la forma de una estrella.



Figura 16. Registro del tamaño de la flor (ST 042)

4.8. Grado de floración (GFL)

En el Cuadro 4 y Figura 17, se observa que 21 accesiones registraron frecuentemente un grado de floración moderado, 12 accesiones registraron un grado de floración profuso, 11 accesiones se observaron un grado de floración escaso y 1 accesión registra un grado de floración con botones que se caen.

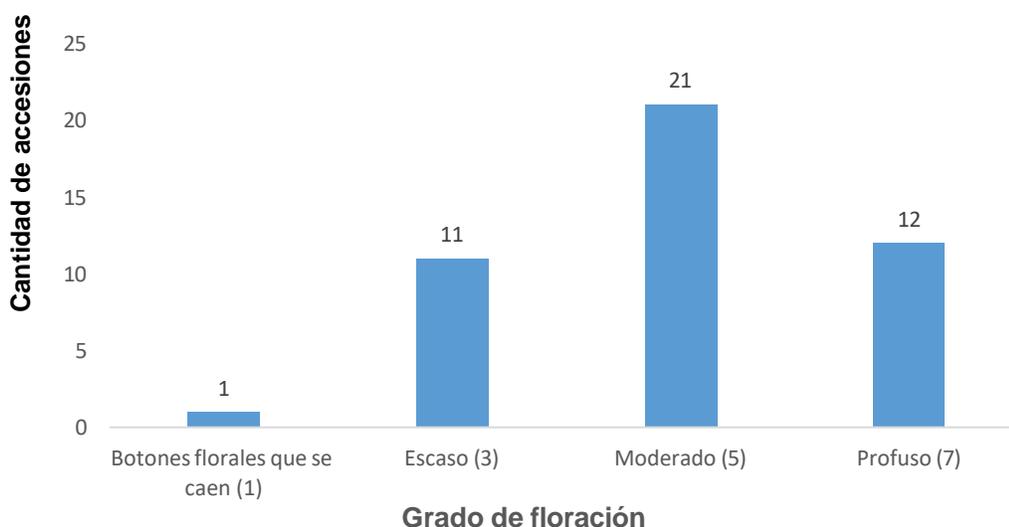


Figura 17. Grado de floración en 45 accesiones de papa nativa

Similar resultado encontró Orihuela 2018, en 10 papas nativas con floración escasa, 16 presentaron una floración moderada, finalmente solo 10 presentan una floración profusa, tomando en cuenta que estos resultados muestran una variabilidad entre papas nativas por factores abióticos (clima, humedad del suelo). Siendo el grado de floración moderada (5) la que predomina frecuentemente. Análisis de conglomerados para las variables cualitativas para 45 accesiones de papa nativa.

4.9. Color del tubérculo (CT)

En la Figura 18, se observa que 13 accesiones presentaron el color morado rojizo (7) como color dominante en la piel del tubérculo, 10 accesiones registraron el color morado violeta (9), el color morado (8) en la piel del tubérculo se observa en 8 accesiones.

El color anaranjado (3) en la piel del tubérculo se presentó en 5 accesiones, el color marrón (4) en 5 accesiones, en 2 accesiones se registró el color amarillo (2) como color dominante en la piel del tubérculo y en 2 accesiones el color rojo (6) en la piel del tubérculo.

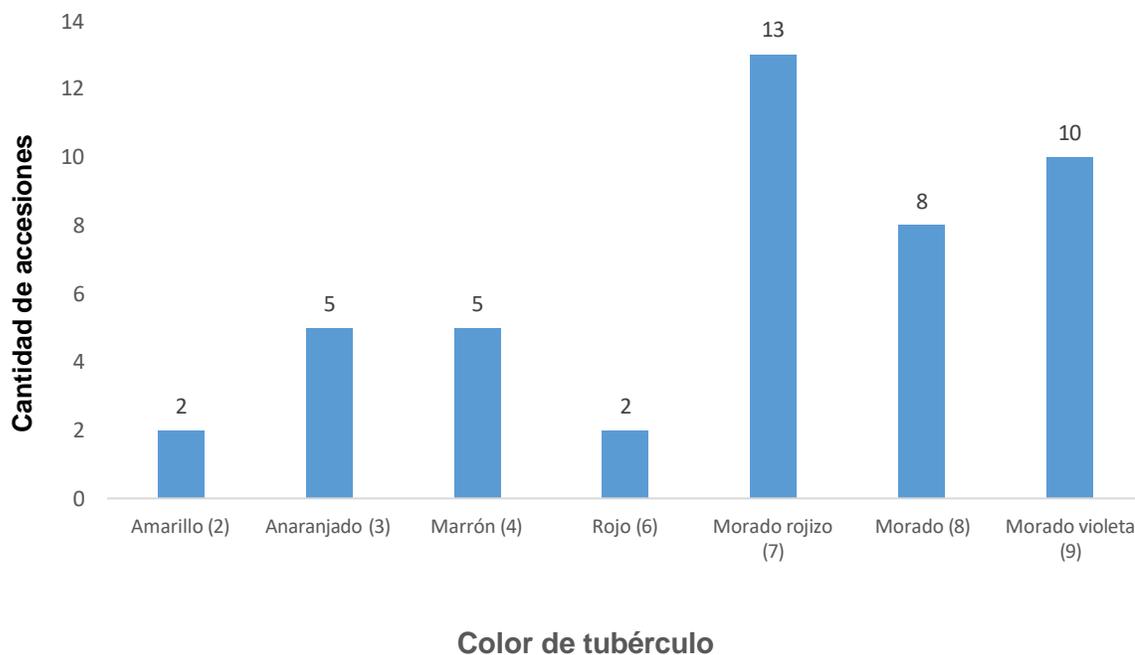


Figura 18. Color del tubérculo en 45 accesiones de papa nativa

Según Mamani (2009), encontró similares resultados en evaluaciones realizadas en diversidad de papas nativas, muestran variedades de diferentes colores en las especies de papa, donde sobresale el color morado con 24 variedades teniendo 20,33 % de frecuencia dentro del total de tubérculos, pero la menos frecuente es de color blanco y anaranjado con una frecuencia de 6,77 % en solo ocho variedades caracterizados.



Figura 19. Forma y color predominante en la piel del tubérculo en accesiones de papa nativa

Como se observa en la Figura 19, existe una gran diversidad de la forma del tubérculo y el color de la piel del tubérculo en las 45 accesiones de papa nativa conservada en el banco de germoplasma del centro Kallutaca.

4.10. Forma del tubérculo (FT)

En la evaluación realizada se encontró 8 formas del tubérculo en las 45 accesiones de papa nativa evaluada, que se observan en la Figura 20. En 13 accesiones se observa la forma del tubérculo con un contorno casi rectangular con los dos lados casi paralelos y las esquinas redondeadas (oblongo 6). En 11 accesiones se observa la forma comprimido (1) con el eje mayor más corto. La forma largo oblongo (7) en el tubérculo se observó en 7 accesiones. En 6 accesiones se registró la forma del tubérculo esférica (2) con los contornos casi circular. En 6 accesiones se registró la forma del tubérculo esférica (2) con los contornos casi circular.

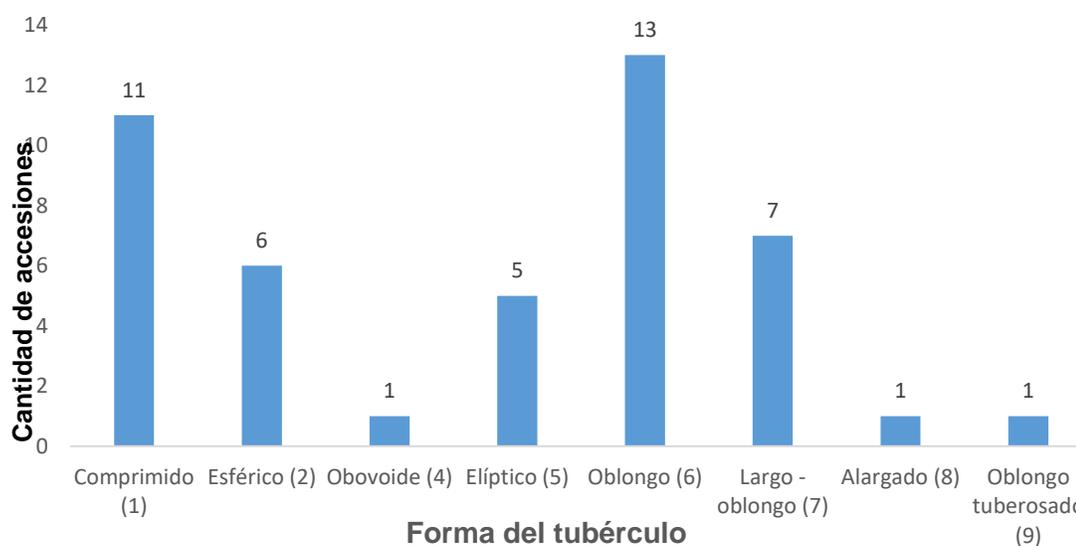


Figura 20. Forma del tubérculo en 45 accesiones de papa nativa

La forma elíptica (5) con distancias iguales y con extremos agudos se observa en 5 accesiones. Y 3 accesiones presentan la forma del tubérculo obovoide (4), alargado (8) y oblongo tuberosado. Según Mamani (2009), en evaluaciones de papa nativa menciona que las formas de los tubérculos varían de alargado a comprimido. Bautista (2023), en muestras analizadas mostraron con mayor frecuencia tubérculos alargados (26.5%) y redondos (19.1%), de forma oblongos y oblongos-alargados (30.8%), tubérculos comprimidos (11.8%), tubérculos ovalados (8.8%), las muestras “puma maki rojo” y “mashua papa” presentaron tubérculos obovados.

4.11. Análisis de conglomerados para variables cualitativas de las 45 accesiones evaluadas

Según el análisis de conglomerados para las variables cualitativas, se conformaron 5 grupos como se observa en la Figura 21.

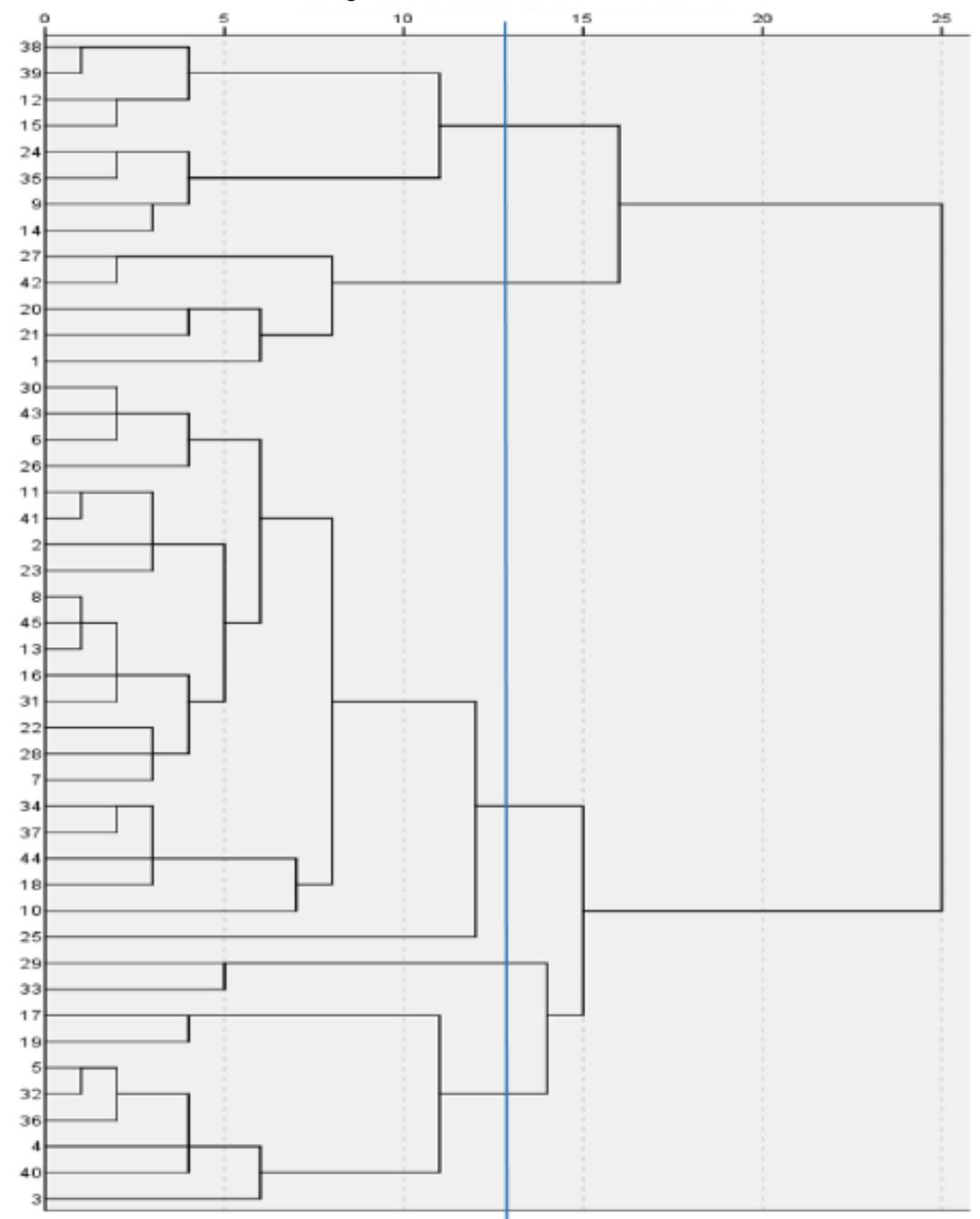


Figura 21. Dendrograma de las variables cualitativas de 45 accesiones de papa nativa

El grupo 1 compuesto por 8 accesiones: ST 038, ST 039, ST 012, ST 015, ST 009, ST 014, ST 024 y ST 035 presentan un hábito de crecimiento semierecto, con el color de tallo verde, el tamaño de flor intermedia de color blanco y un grado de floración entre moderado y profuso, con un rendimiento entre 0,305 a 0,531 t*ha⁻¹

El grupo 2 compuesto por 5 accesiones: ST 001, ST 020, ST 021, ST 027, ST 042. Presentan un hábito de crecimiento semierecto, con el color de tallo verde, con el tamaño de flor intermedia de color blanco y un grado de floración entre moderado y profuso con un rendimiento entre 0,237 a 0,499 t*ha⁻¹

El grupo 3 compuesto por 22 accesiones: ST 002, ST 006, ST 007, ST 008, ST 010, ST 011, ST 013, ST 016, ST 018, ST 022, ST 023, ST 025, ST 026, ST 028, ST 030, ST 031, ST 034, ST 037, ST 041, ST 043, ST 044 y ST 45, las cuales presentan un hábito de crecimiento erecto a semierecto con el color de tallo que van entre verde y mayormente verde con el color de la flor violeta y lila, con un grado de floración moderada, un tamaño de flor intermedia, en este grupo se registran los mayores rendimientos que alcanzan a 0,785 t*ha⁻¹.



Figura 22. Características morfológicas similares de las accesiones ST 002 (a) y la accesión ST 011 (b)

El grupo 4 compuesto por 2 accesiones: ST 029 y ST 033, presentan un hábito de crecimiento erecto a semierecto con el color de tallo verde con muchas manchas pigmentadas de flor lila de tamaño pequeña e intermedia con un grado de floración moderada y un rendimiento bajo que va entre 0,061 a 0,358 t*ha⁻¹.

El grupo 5 conformada por 8 accesiones: ST 003, ST 004, ST 005, ST 017 y ST 019 ST 032, ST 036 y ST 040, las cuales presentan un hábito de crecimiento erecto a semierecto con el color de tallo entre verde y mayormente verde con el color de la flor violeta y lila y un grado de floración de escasa a moderada con un tamaño de flor pequeña a intermedia y rendimientos bajos a intermedios entre 0,013 a 0,544 t*ha⁻¹.

4.12. Análisis descriptivo para variables cuantitativas

En el Cuadro 5, se puede observar y describir el comportamiento agronómico de las diferentes accesiones en relación entre caracteres, del mismo modo se puede señalar que los criterios estadísticos de normalidad (sesgo y curtosis), se encuentran en el marco de lo esperado.

Cuadro 5. Detalle de la estadística descriptiva de las variables cuantitativas de 45 accesiones de papa

Variables	Cant. Accesiones	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Sesgo	Curtosis
NT	45	2	1	3	0,59	0,02	-0,73
AP	45	49,8	16,1	82,0	15,45	-0,30	0,34
COF	45	44,3	20,4	65,4	11,58	-0,41	-0,28
NTP	45	16,1	4,3	33,1	6,16	0,09	0,37
PTP	45	0,9	0,1	1,5	0,35	-0,44	-0,10
RDTO (t*ha)	45	0,3	0,0	0,8	0,18	0,32	-0,08

4.13. Número de tallos por planta (NT)

En el Cuadro 5 y Figura 23, se observa que para la variable número de tallos por planta, se registró 2 tallos en promedio con una desviación estándar de 0,59 en 22 accesiones ST 003,

ST 005, ST 006, ST 009, ST 011, ST 015, ST 024, ST 025, ST 026, ST 030, ST 033, ST 034, ST 035, ST 036, ST 037, ST 038, ST 039, ST 040, ST 041, ST 042 y ST 043.

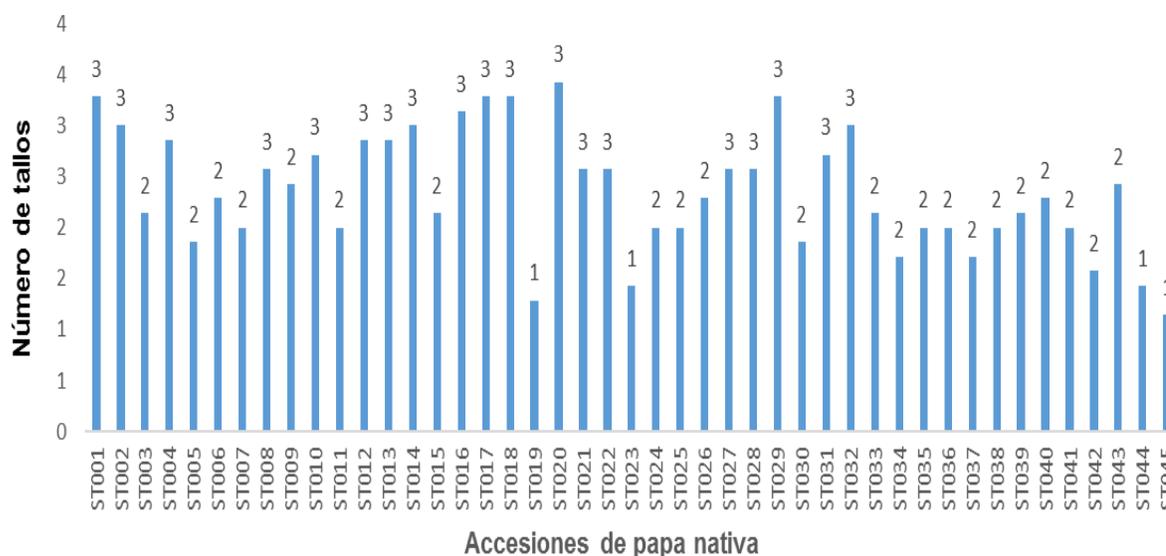


Figura 23. Detalle de número de tallos (NT) en 45 acciones de papa nativa

También se observa un mínimo de 1 tallo en 4 accesiones ST 019, ST 023, ST 044 y ST 045. Mientras que la máxima de 3 tallos se registró en 19 accesiones ST 001, ST 002, ST 004, ST 008, ST 010, ST 012, ST 013, ST 014, ST 016, ST 017, ST 018, ST 020, ST 021, ST 022, ST 027, ST 028, ST 029, ST 031 y ST 032.

El número de tallos oscila entre 2 a 7 tallos por planta, para variedades que desarrollan menor y mayor número de tallos por planta, respectivamente, con una media de 3,2 tallos por planta, con un coeficiente de variación de 37,5 %, lo que significa que existe variación en cuanto a los números de tallos entre las variedades, por sus características de cada especie (Mamani, 2009).

Choque (2000), señala que en condiciones del Altiplano Norte el número de tallos por planta está en un rango de dos a seis. En la campaña agrícola 2001-2002, según Torres (2005), encontró 2.3, 2.0 y 2.1 tallos por planta para las variedades Gendarme, Sani Imilla y Waycha paceña, datos similares (media de 2 y máximo 3), a los que se encontró en las accesiones evaluadas.

4.14. Altura de planta (AP)

Para la variable altura de planta (AP), según el Cuadro 5 y Figura 24, se registró en promedio 49.8 cm con una desviación estándar de 15,45 cm con una máxima de 82 cm en la accesión ST 032, seguida de la accesión ST 024 con una altura de 80,86 cm siendo las accesiones con mayor altura registrada. Y una altura mínima de 16,1 cm en la accesión ST 025.

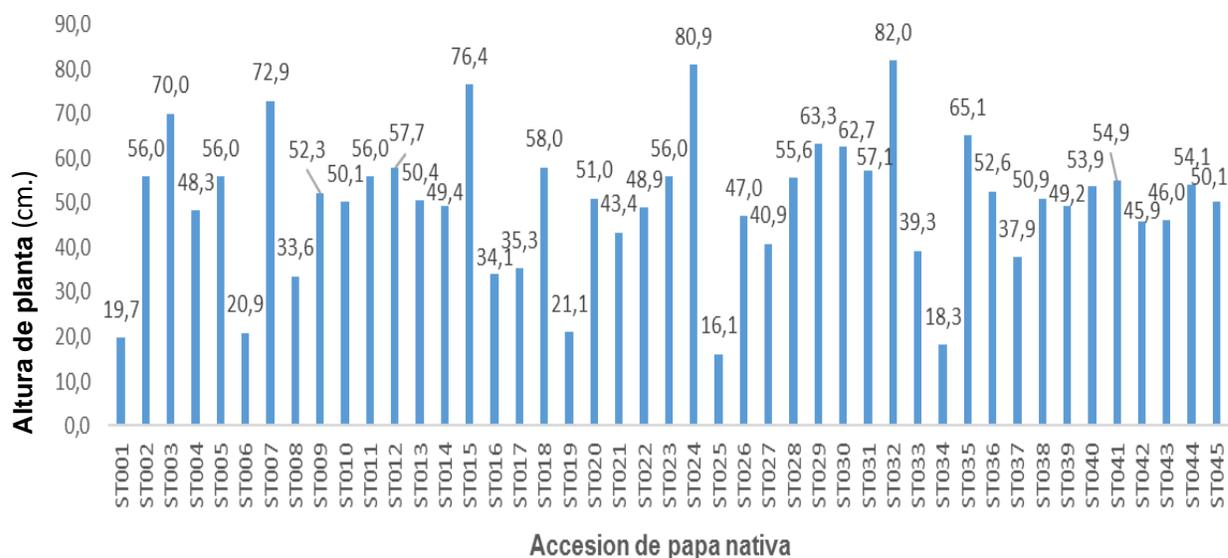


Figura 24. Detalle de altura de planta (cm) en 45 accesiones de papa nativa

Estas diferencias en cuanto a la altura de planta, se asume a la gran diversidad genética en cuanto a su crecimiento y desarrollo, también al comportamiento a la zona de estudio. Según Mamani (2018), registro como media 41,3 cm en la altura de plantas de papas nativas en evaluaciones realizadas.

Según Mamani (2009), en evaluaciones realizadas en papas nativas reporto que la altura de planta alcanzó un rango de dispersión de 14,5 a 36,7 cm, en variedades con menor y mayor altura de la planta, una media de 26,1 cm y un coeficiente de variación de 14,9 %, existiendo diferencia en alturas en función al crecimiento, entre las ploidias y en ella las especies, tomando siempre sus características genéticas de la planta tenemos variedades enanas y altas. Según Cahuana y Arcos (2003), señalan que la altura depende principalmente por el crecimiento, existiendo plantas vigorosas y escasamente vigorosas con abundante y poca ramificación basal.



Figura 25. Registro de altura de planta (cm)

Las alturas de follaje según los productores alcanzan una altura aproximada de 50 cm en terreno con alto contenido de materia orgánica y en terrenos de fertilidad mediana y es donde se cultiva mayormente la papa alcanzan una altura de 30 a 40 cm (Ochoa, 2001).

4.15. Cobertura foliar (COF)

En la cobertura foliar según el análisis descriptivo, registró una media de 44,3 cm con una desviación estándar de 11,58 cm con una máxima de 65,4 cm en la accesión ST 014 con un rendimiento de $0,36 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, esta accesión fue la mayor afectada por los factores climáticos adversos (heladas), lo que incidió en la producción (Figura 26).

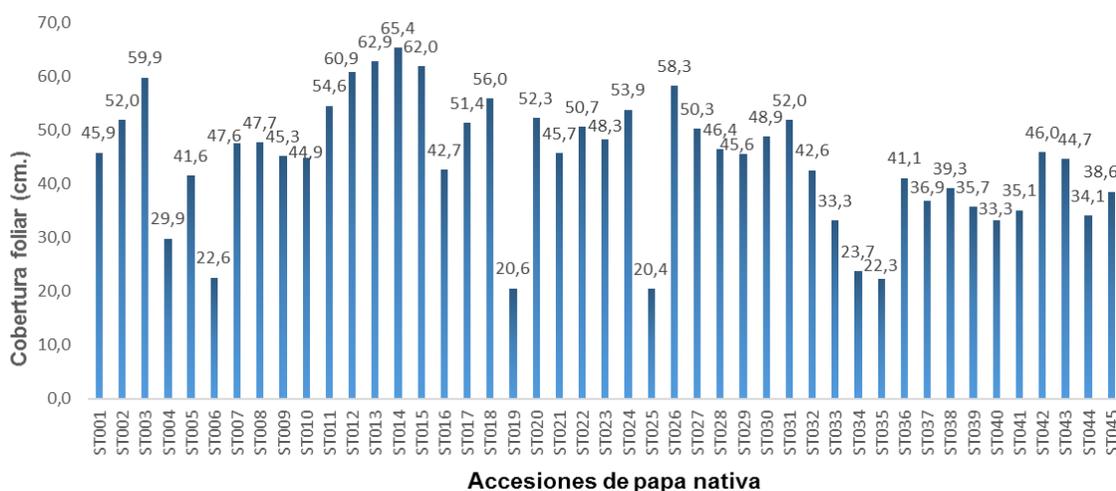


Figura 26. Detalle de la cobertura foliar (cm) en 45 accesiones de papa nativa

También se registró una mínima de 20,4 cm en la accesión ST 025 (Figura 26 y 27), con un rendimiento menor de $0,008 \text{ t*ha}^{-1}$, lo que nos indica que la cobertura foliar y el rendimiento están relacionadas.

Según Zabala (2012), la tuberización de la planta depende de la cantidad de follaje suficiente para producir excedentes de azúcares, aspecto que es logrado por las condiciones climáticas que favorecen en esta fase.



Figura 27. Menor cobertura foliar en accesión ST 025 (a) y mayor cobertura foliar en la accesión ST 014 (b)

4.16. Número de tubérculos por planta (NTP)

Para la variable número de tubérculos por planta, registró una media de 16 tubérculos por planta con una desviación estándar de 6,16 unidades, con un máximo de 33 tubérculos en la accesión ST 045, esta accesión registró una altura de 38,5 cm y una cobertura foliar de 50,14 cm respectivamente, se asume que esta accesión se comportó mejor a las condiciones edafoclimáticas de la zona. A su vez se registró una mínima de 4 tubérculos en las accesiones ST 006 y ST 025 (Figura 29), con una altura planta de 22,5 cm y cobertura foliar de 20,8 cm sucesivamente.

Según Condori (2022), observó que para la variable número de tubérculos por planta, presenta una variación que oscila de 10,5 a 28 tubérculos por planta, para variedades que desarrollan menor y mayor número de tubérculos, respectivamente, una media de 19,3

tubérculos por planta, lo que indica que existe variabilidad en cuanto al número de tubérculos de las diferentes variedades de papas nativas.

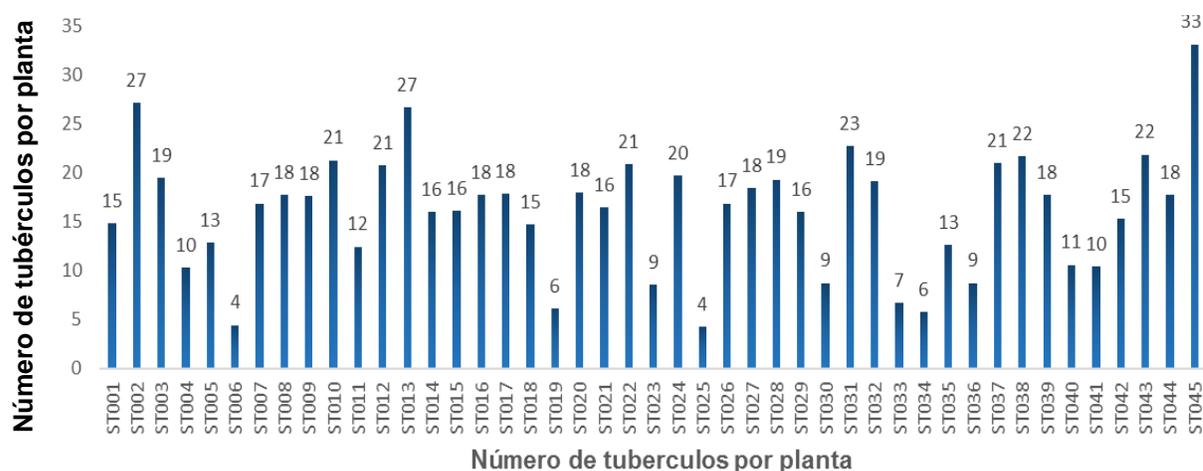


Figura 28. Detalle de número de tubérculos por planta en 45 accesiones de papa nativa

Al respecto la CIP (2013), indica que las plantas de papa no producen siempre la misma cantidad de tubérculos ni su tamaño es siempre igual. El número de papas que dará cada planta depende de cada variedad, el ambiente donde se cultiva, las labores culturales del agricultor, la calidad de la semilla, condiciones del clima y la procedencia de los tubérculos semillas.



Figura 29. Cantidad de tubérculos en la accesión ST 024

4.17. Peso de tubérculos por planta (PTP)

En el Cuadro 5, se observa una media de 0.9 kg por planta con una desviación estándar de 0,35 kg con una máxima de 1,5 kg en 2 accesiones la ST 022 y ST 041, estas accesiones obtuvieron el mayor peso en tubérculos, según la clasificación se registró tubérculos tamaño extra (mayor a 5,5 cm de diámetro), también se registró una mínima de 0,1 kg en la accesión ST 025 (Figura 30).

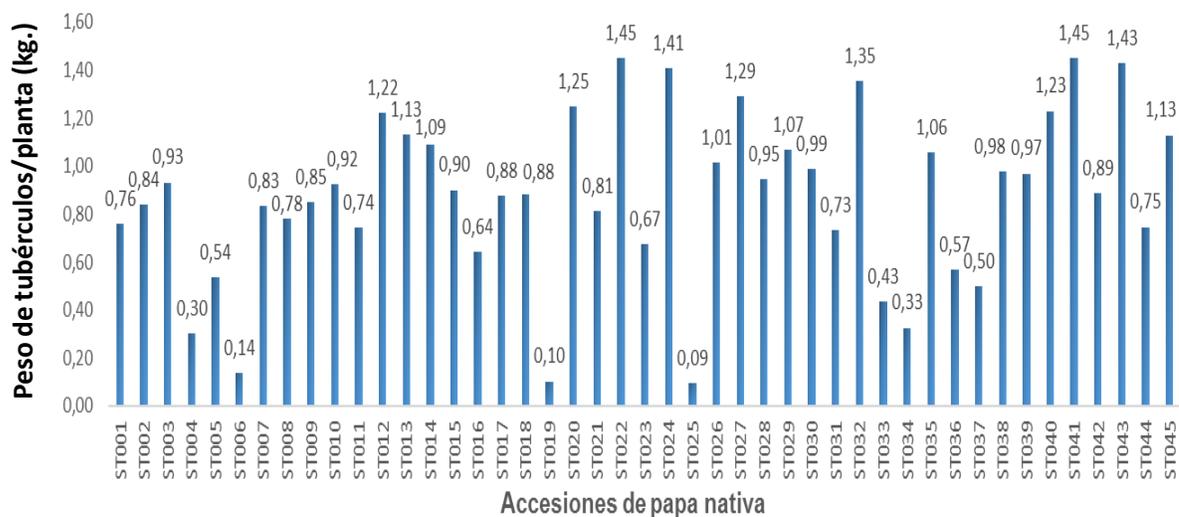


Figura 30. Detalle de peso de tubérculos por planta en 45 accesiones de papa nativa

Como indica Zabala (2012), la tuberización de la planta depende de la cantidad de follaje suficiente para producir excedentes de azúcares, aspecto que es logrado por las condiciones climáticas que favorecen en esta fase.



Figura 31. Pesaje de tubérculos por planta en la accesión ST 040

Canahua (1991), menciona que la fase de formación de estolones 45 a 55 días después de la siembra, es susceptible a la escasez de agua, su déficit ocasiona un número reducido de estolones que posteriormente se traduce un menor número de tubérculos disminuyendo así el peso y el rendimiento.

4.18. Rendimiento (RDTO)

Para la variable rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$), se tiene una media de $0,3 t \cdot ha^{-1}$ con una desviación estándar de $0,18 t \cdot ha^{-1}$. se obtuvo una máxima de $0,8 t \cdot ha^{-1}$ correspondiente a la accesión ST 045, seguida de la accesión ST 043 con $0,66 t \cdot ha^{-1}$, estas dos accesiones obtuvieron los más altos rendimientos, a pesar de los factores climáticos adversos registrados (sequía, inundación y heladas), así mismo fueron las que mejor comportamiento tuvieron con respecto a la altura y cobertura foliar.

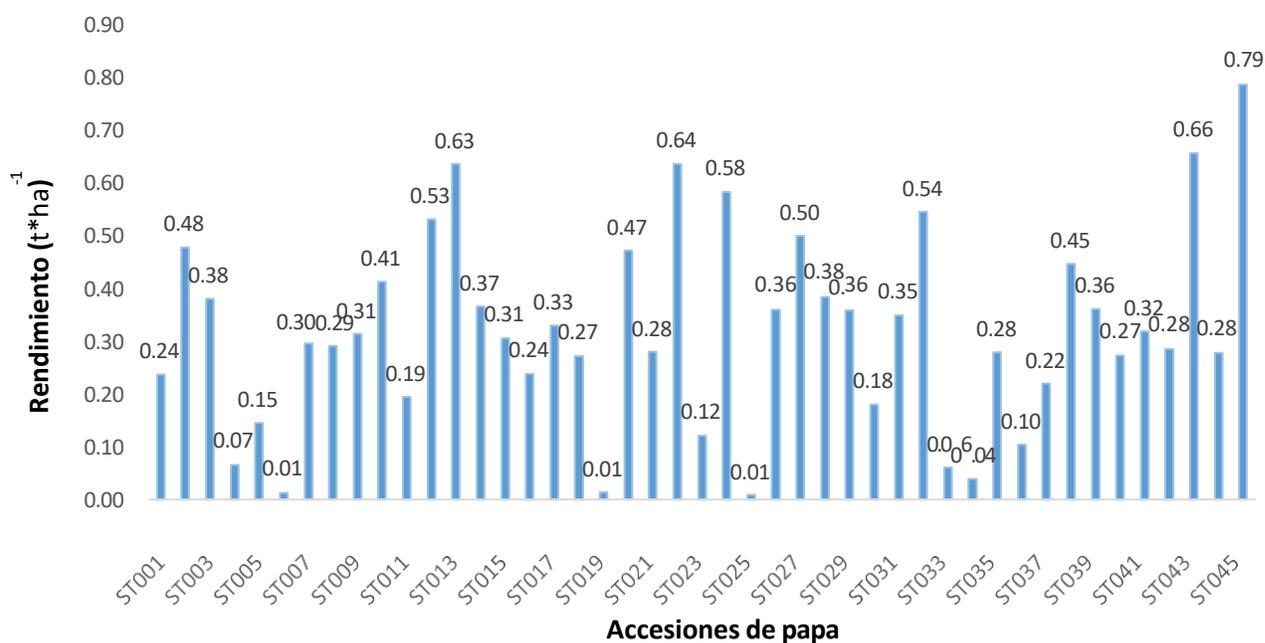


Figura 32. Detalle del rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$) en 45 accesiones de papa nativa

También se observa una mínima de $0,06 t \cdot ha^{-1}$ en la accesión ST 006 con una menor altura de planta de 20,8 cm y una cobertura reducida de 22 cm. Según Canqui y Morales (2010), mencionan que, en la fase de formación de estolones, inicia a los 15 a 20 días después de la emergencia. La FAO (2008) señala que la producción se reduce si se agota más del 50% del total de agua disponible en el suelo durante el período de estolonización y el inicio de la

formación de los tubérculos y el crecimiento de los mismos, tiende a reducir la producción, mientras que el cultivo sufre menos la falta de agua al inicio del crecimiento vegetativo.

Se asume que las diferencias entre los rendimientos entre variedades de papa nativa se deben a las características propias de cada una de ellas y al comportamiento bajo las condiciones de la zona de estudio.

4.19. Análisis de correlación simple de Pearson para variables cuantitativas

El análisis estadístico de correlación simple de Pearson, comprenden coeficientes de correlación calculados en 6 variables cuantitativas. En el Cuadro 6, se muestra que 10 coeficientes fueron altamente significativos al nivel del 0,01% las cuales están representados de color azul, que indica una relación sólida entre las variables examinadas, también un valor representado de color rojo, se considera significativo al nivel del 0,05%, lo que denota asociaciones notables entre las variables evaluadas y el resto de los coeficientes de color negro no muestra una correlación significativa.

Cuadro 6. Análisis de Correlación de Pearson para variables cuantitativas

	NT	AP	COF	NTP	PTP	RDTO (t*ha)
Número de tallos	1					
Altura de planta	r=0,27 p=0,841	1				
Cobertura foliar	r=0,431** p=0,003	r=0,485** p=0,001	1			
Número de tubérculos por planta	r=0,241 p=0,111	r=0,355* p=0,017	r=0,533** p=0,000	1		
Peso de tubérculos por planta	r=0,272 p=0,071	r=0,586** p=0,000	r=0,538** p=0,000	r=0,571** p=0,000	1	
Rendimiento (t*ha)	r=0,251 p=0,096	r=0,444** p=0,002	r=0,533** p=0,000	r=0,875** p=0,000	r=0,840** p=0,000	1

** =altamente significativo (1 %); * =significativo (5%)

Los datos presentados en el Cuadro 6, las variables que presentan un grado de correlación (0,01%) altamente significativos son las siguientes: la variable cobertura foliar (COF) exhibe una correlación altamente significativa con las variables número de tallos (NTA) y la variable altura de planta (AP), con valores de coeficiente de $r=0,431$ y $r=0,485$ sucesivamente.

De igual manera la variable número de tubérculos por planta (NTP) tiene una correlación altamente significativa con la variable cobertura foliar (COF) con un valor de coeficiente de

$r=0,533$. Y también la variable número de tubérculos por planta (NTP) tiene una correlación significativa de $r=0,355$ (0,05%) con la variable altura de planta (AP)

La variable peso de tubérculos por planta (PTP), tiene una correlación altamente significativa (0,01%), con las variables altura de planta (AP), cobertura foliar (COF) y número de tubérculos por planta (NTP) con valores de coeficiente de $r=0,586$, $r=0,538$ y $r=0,571$ respectivamente.

Con respecto a la variable rendimiento se observa que es altamente significativo (0,01%), con las variables altura de planta (AP), cobertura foliar (COF), número de tubérculos por planta (NTP) y peso de tubérculos por planta (PTP), con un valor de coeficiente de $r=0,444$, $r=0,533$, $r=0,875$ y $r=0,840$ respectivamente, lo que indica que todas las variables evaluadas están altamente relacionadas al rendimiento de tubérculos.



Figura 33. Registro de datos cuantitativos, Altura de planta (a), Número de tallos (b), cantidad de tubérculos /accesión (c) y peso total de tubérculos (d)

4.20. Análisis de conglomerados para las variables cuantitativas para 45 accesiones de papa nativa

Según el análisis de conglomerados para las variables cuantitativas, se conformaron 5 grupos como se observa en la Figura 34.

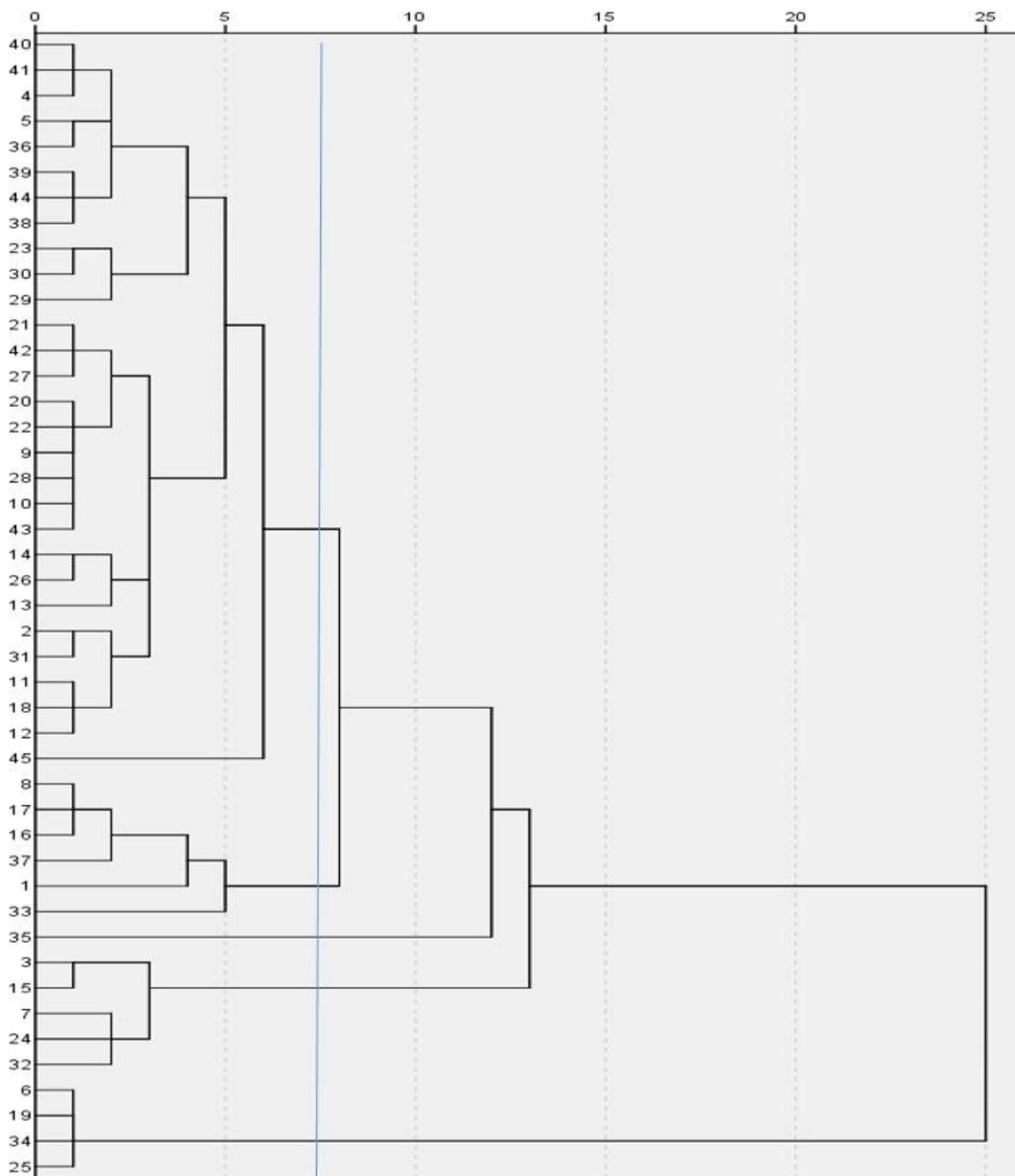


Figura 34. Dendrograma de las variables cuantitativas de las 45 accesiones de papa nativa

El primer grupo conformado por 29 accesiones: ST 021, ST 042, ST 027, ST 004, ST 044, ST 039, ST 045, ST 038, ST 040, ST 041, ST 043, ST 029, ST 030, ST 009, ST 010, ST 028, ST 005, ST 023, ST 036, ST 020, ST 022, ST 002, ST 031, ST 011, ST 018, ST 0013, ST 014, ST 026 y ST 012, en promedio se registró una altura planta de 41,6 cm (altura intermedia), entre 2 a 3 tallos por planta, una cobertura foliar intermedia de 40,4 cm entre 14 a 29 tubérculos por planta y un rendimiento entre 0,24 a 0,79 t*ha⁻¹.

El segundo grupo compuesto por 6 accesiones: ST 001, ST 008, ST 017, ST 016, ST 033, ST 037, ST 004 y ST 044, en promedio registró una altura planta de 41,6 cm (altura intermedia), entre 2 a 3 tallos por planta, cobertura foliar intermedia de 40,4 cm, 16 tubérculos por planta con un rendimiento promedio de 0,24 t*ha⁻¹ estas accesiones no fueron tan afectadas por los factores climáticos adversos.

El grupo tercero con la accesión ST 035 la cual presenta un hábito de crecimiento erecto, en promedio registra 2 tallos por planta, una cobertura foliar de 22,3 cm con una altura planta de 65 cm, 13 tubérculos por planta y un rendimiento de 0,28 t*ha⁻¹ esta accesión registra valores cercanos a la media según el análisis descriptivo.

El cuarto grupo conformada por las accesiones: ST 003, ST 007, ST 015, ST 024 y ST 032, este grupo registró en promedio 2 tallos por planta, cobertura foliar de 54 cm, 18 tubérculos por planta, un rendimiento intermedio de 0,45 t*ha⁻¹ con las mayores alturas de planta entre 48,3 y 82 cm.

El quinto grupo conformado por 4 accesiones: ST 006, ST 019, ST 025 y ST 034, las cuales según los datos obtenidos en campo registran un hábito de crecimiento postrado, semierecto y erecto, con 2 tallos por planta en promedio, con alturas que oscilan entre 18,3 y 21,1 cm, una cobertura foliar promedio de 21 cm, con 5 tubérculos en promedio por planta y con rendimientos entre 0,01 y 0,19 t*ha⁻¹.

Según las evaluaciones realizadas el quinto grupo registró valores por debajo de la media, se asume que estas accesiones se encuentran en proceso de adaptación a las condiciones medio ambientales de la zona con precipitaciones de 51,17 mm promedio y temperaturas que oscilan entre 0,6 y 19,52 °C en promedio entre los meses de octubre 2021 hasta abril del 2022.

4.21. Análisis de conglomerados para la interacción de las variables cuantitativas y cualitativas para 45 accesiones

Según el análisis estadístico se conformaron 7 grupos, que se observan en la Figura 35.

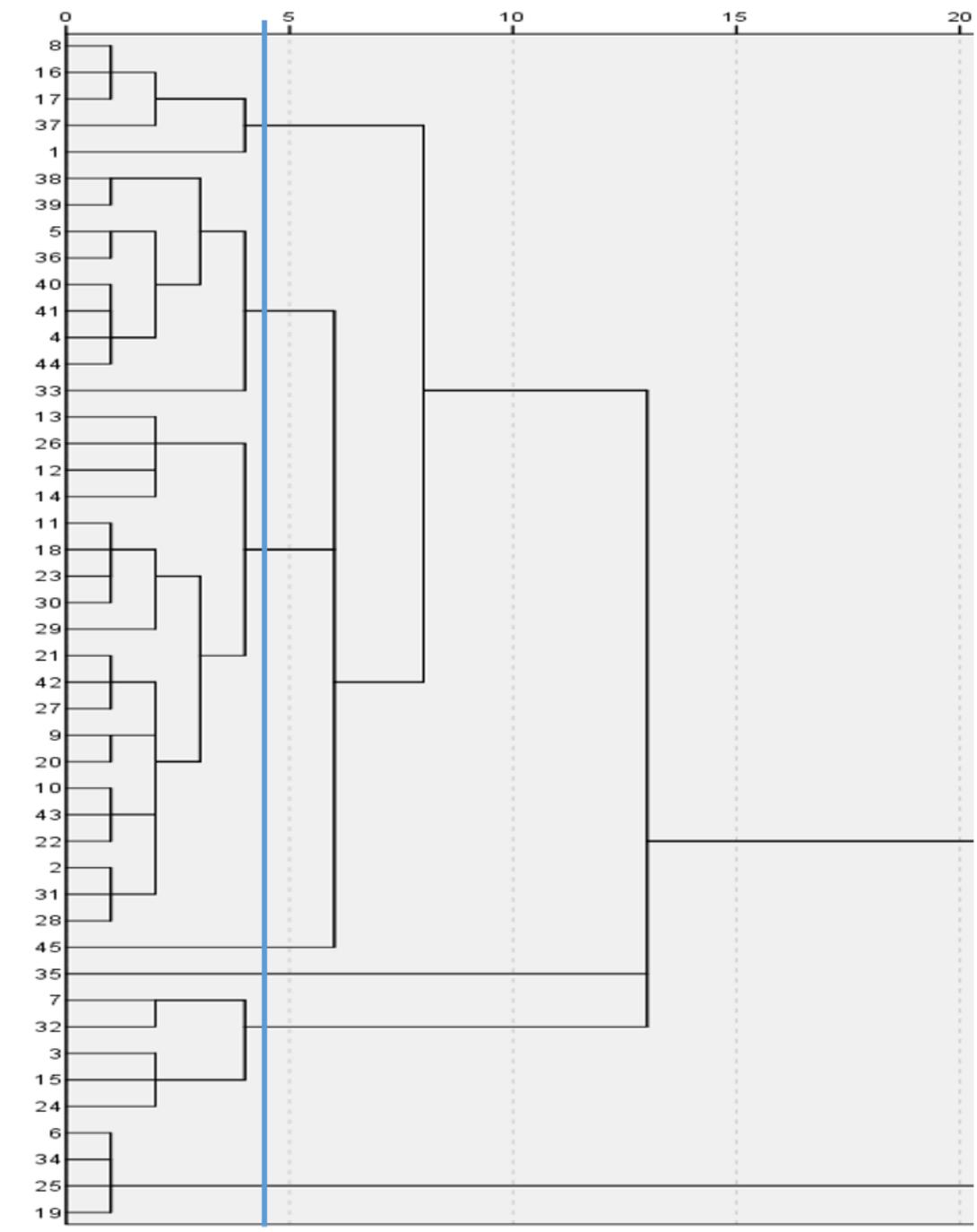


Figura 35. Dendrograma entre grupos de interacción de variables cualitativas y cuantitativas de las 45 accesiones de papa nativa.

El primer grupo está conformado por 5 accesiones: ST 001, ST 008, ST 016, ST 017, ST 037, las cuales presentan similares características en hábito de crecimiento semierecto, con 3 tallos en promedio y entre 15 a 18 tubérculos por planta y un bajo rendimiento que varía de 0,219 a 0,324 t*ha⁻¹.

El segundo grupo compuesta por 9 accesiones: ST 004, ST 005, ST 033, ST 036, ST 038, ST 039, ST 040, ST 041 y ST 044, las cuales presentan similares características en las variables de hábito de crecimiento entre erecto y semierecto, un grado de floración mayormente moderado, el tamaño de la flor que va de intermedio a grande (41 a 50 mm), de color violeta, una altura que oscila entre 33 y 58 cm y un rendimiento que varía entre 0,061 a 0,477 t*ha⁻¹.

El tercer grupo conformada por 20 accesiones: ST 002, ST 009, ST 010, ST 011, ST 012, ST 013, ST 014, ST 018, ST 020, ST 021, ST 022, ST 023, ST 026, ST 027, ST 028, ST 029, ST 030, ST 031, ST 042 y ST 043, las cuales presentan una forma similar en su desarrollo morfológico, con un tamaño de la flor registra 40 mm y una altura de planta promedio de 55 cm, con el hábito de crecimiento semierecto, con 3 tallos por planta, entre 15 a 18 tubérculos por planta y un rendimiento que oscila entre 0,121 y 0,635 t*ha⁻¹.

El cuarto grupo compuesta por la accesión ST 045, con un hábito de crecimiento semierecto, el tallo de color verde con muchas manchas pigmentadas, con una altura promedio de 50,14 cm la flor de color violeta de tamaño Intermedio (30 a 40mm), con 33 tubérculos por planta y con el mayor rendimiento registrado de 0,785 t*ha⁻¹.

El quinto grupo conformado por la accesión ST 035, con un hábito de crecimiento erecto, con 2 tallos de color mayormente verde, con una altura promedio de 65,14 cm, la flor de color blanca de tamaño Intermedio (30 a 40mm), con 13 tubérculos por planta y con un rendimiento de 0,279 t*ha⁻¹.

El sexto grupo compuesto por 5 accesiones: ST 003, ST 007, ST 015, ST 024 y ST 032, las cuales presentan similares características en las variables de hábito de crecimiento erecto, con 2 de tallos de color verde, grado de floración moderado y en altura de planta que varía entre 70 a 80 cm, 18 tubérculos por planta y un rendimiento de 0,412 t*ha⁻¹.

El séptimo grupo está conformado por 4 accesiones ST 006, ST 019, ST 025 y ST 034, las cuales presentan una forma similar en su desarrollo morfológico, con 2 tallos de color mayormente verde con la flor de color lila, morado y violeta, con un grado de floración escaso a moderado, con una altura de planta que oscila entre 18 y 29 cm, con un rendimiento promedio de $0,014 \text{ t*ha}^{-1}$.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos propuestos y los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se tienen las siguientes conclusiones.

Las variables cuantitativas según el análisis descriptivo muestran que las accesiones registran entre 1 a 4 tallos por planta, la altura de planta varía entre 16,1 a 82 cm, la cobertura foliar varía de 20,4 a 65,4 cm, con 4 a 33 tubérculos por planta y entre 0,1 y 1,5 kg de peso de tubérculos por planta, destacándose la accesión ST 045 con un rendimiento máximo de $0,79 \text{ t*ha}^{-1}$, la accesión ST 043 con $0,66 \text{ t*ha}^{-1}$, la accesión ST 022 con $0,64 \text{ t*ha}^{-1}$ y la accesión ST 013 con $0,63 \text{ t*ha}^{-1}$. El análisis de correlación de Pearson (0,01%), nos indica que existe una alta correlación entre las variables de estudio y el rendimiento. En el análisis de conglomerados se conformaron 5 grupos que registran características morfológicas similares dentro de cada grupo y características diferentes entre grupos.

En las variables cualitativas según el análisis, frecuentemente se registró el hábito de crecimiento erecto y semierecto con el color de tallo verde y verde pigmentado, el color predominante en la flor fue violeta seguido del blanco y lila de tamaño Intermedio (30 a 40 mm), con frecuencia se registró el color marrón violeta en la piel del tubérculo de forma variada entre oblongo en 13 accesiones, comprimido en 11 accesiones, largo – oblongo en 7 accesiones, esférico en 6 accesiones, elíptico en 5 accesiones, obovoide, alargado y oblongo tuberosada en 3 accesiones. El análisis de conglomerados se conformaron 5 grupos en las cuales se observa las similitudes dentro de cada grupo y las diferencias entre grupos con las variables de estudio.

Estos resultados nos muestran la diversidad existente en cuanto a las características evaluadas en las 45 accesiones de papa nativa y la importancia en cuanto a su relación entre caracteres para fines de identificación de las mejores accesiones en cuanto a su rendimiento

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con los trabajos de evaluación e investigación del germoplasma de papa nativa del centro Kallutaca, para fines de comparación y validación de la información obtenida en el presente trabajo y generar mayor información que pueda ser utilizada por investigadores en programas de mejoramiento.

Realizar evaluaciones en el mismo centro Kallutaca y otras comunidades con las accesiones que obtuvieron los mejores registros en cuanto a la producción y rendimiento, de esta manera dar a conocer las bondades del germoplasma de papa nativa como una alternativa a la seguridad alimentaria familiar.

Realizar la evaluación del valor nutritivo de las accesiones de papa nativa con la finalidad de generar información útil para el Banco de Kallutaca e incentivar el uso diversificado en diferentes niveles gastronómicos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, 2010. Biodiversidad agrícola. Obtenido el 12 de noviembre del 2019, de: <https://metode.es/revistasmetode/monograficos/biodiversidad-agricola.html>
- Arosemena, J. Julio de 2018. Comercialización de papa. Obtenido el 23 de octubre del 2019, de: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/plancomercializacion-papa-ecuador>
- Bautista, M. 2023. “Descripción morfológicas de la papa (*Solanum spp.*) cultivada en la comunidad campesina Matipacana, Yauli, Huancavelina, Tesis de licenciatura. Lima Peru. Universidad nacional La Molina.
- Baena, M.; Jaramillo, S.; Montoya, J.E. (2003) Material de apoyo a la capacitación en conservación In Situ de la diversidad vegetal en áreas protegidas y en fincas. 130 p. ISBN: 978-92-9043-600-3, ISBN: 92-9043-600-X
- Cadima, X. Terrazas F, Gandarillas A., 2009. Los sistemas de conservación de recursos genéticos de Tubérculos y Raíces Andinas: La experiencia de PROINPA. Revista de Agricultora, Bolivia 2009; 43(60): 31-36.
- CIP (Centro Internacional de la Papa), 20012, Boletín Informativo, disponible en: www.potato2008.org
- Baena, M.; Jaramillo, S. 2003. Conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos. Ed. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. p. 7 - 68.
- BDP 2023, Censo Agropecuario 2013, ENA 2015 y Actualizaciones 2021 of. desarrollo GAD
- Brack, N. 2000. Diversidad genética. Obtenido el 3 de diciembre del 2019, de: <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/47-sector-agrario/recursobiodiversidad/347-diversidad-genetica>
- Cahuana, R. y Arcos, J. 2003. Programa internacional de waru waru, variedades de papa más importante en Puno y Lineamiento para su caracterización, 1° edición producción CIMA, Puno Perú.
- Canahua, A. 1991. Agroecología de las papas amargas en Puno. Perú – Bolivia, La Paz. p. 57 – 68.ç
- Canqui, F., Morales, E. 2009. Conocimiento local en el cultivo de la papa. Fundación Proinpa. Disponible en <https://www.proinpa.org/tic/pdf/Papa/Varios%20Papa/pdf20.pdf>. Consultado el 12 febrero 2018

- CENTA. (2002). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Guía técnica cultivo de la papa. (en línea). Consultado 18 nov. 2012. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/documentos/guias/papa.pdf>.
- CIP. 2008. Centro Internacional de la Papa (CIP) ° Av. La Molina 1895 - Apartado 1558, Lima 12, Perú cip@cgiar.org cip@cgiar.org (En línea). Disponible en www.cipotato.org consultado 05 de dic. 2010.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 2006. Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales. Eds. M. Bonierbale, S. de Haan, A. Forbes, C. Bastos, Trad. T. Ames, Mc Lauchlanz. Lima PE. S. e. 151 p.
- CIPCA, 2023. La papa en Bolivia, situación actual y alternativas, artículo de opinión, junio.
- Cisneros, F. (1988). Estrategias de control de las polillas de la papa, dentro de un esquema de control integrado. Curso internacional: Manejo integrado de las palomillas (Lepidóptera: Gelechiidae) de la papa. ICA-CIP. Bogotá, Col. 131 p.
- Condori, J. 2022. Analisis y caracterización de la diversidad de papas nativas (*Solanum spp*) en dos comunidades del municipio de Jesús de Machaca. Tesis de grado. Facultad de Agronomía UMSA.
- Cuesta, X. 2006. Monteros-Altamirano, A., Van Den Berg, R., Visser, R. G. F., & Vosman, B. Tuber quality characteristics of Ecuadorian potato landraces and farmer preferences. Revista Latinoamericana de la Papa, 17(1), 126-151. <https://doi.org/10.37066/ralap.v17i1.191>
- Chávez, P. (2017). La Papa, Tesoro de los Andes. Universitat de les Illes Balears, Centro Internacional de la Papa.
- Choque, G. 2000, Análisis descriptivo de características agro morfológicas en 271 accesiones de papa nativas en la estación experimental de Belén. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 217 p.
- FAO. 2008. Año Internacional de la papa (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)
- FAO. 2006. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). La Diversidad de la Naturaleza un Patrimonio Valiosos. p 3.
- Ochoa, C. M. 2001. Las papas de Sudamérica/ISBN: 99905-64-11-6. Editor CID. Primera Edición. La Paz, Bolivia. p. 535.

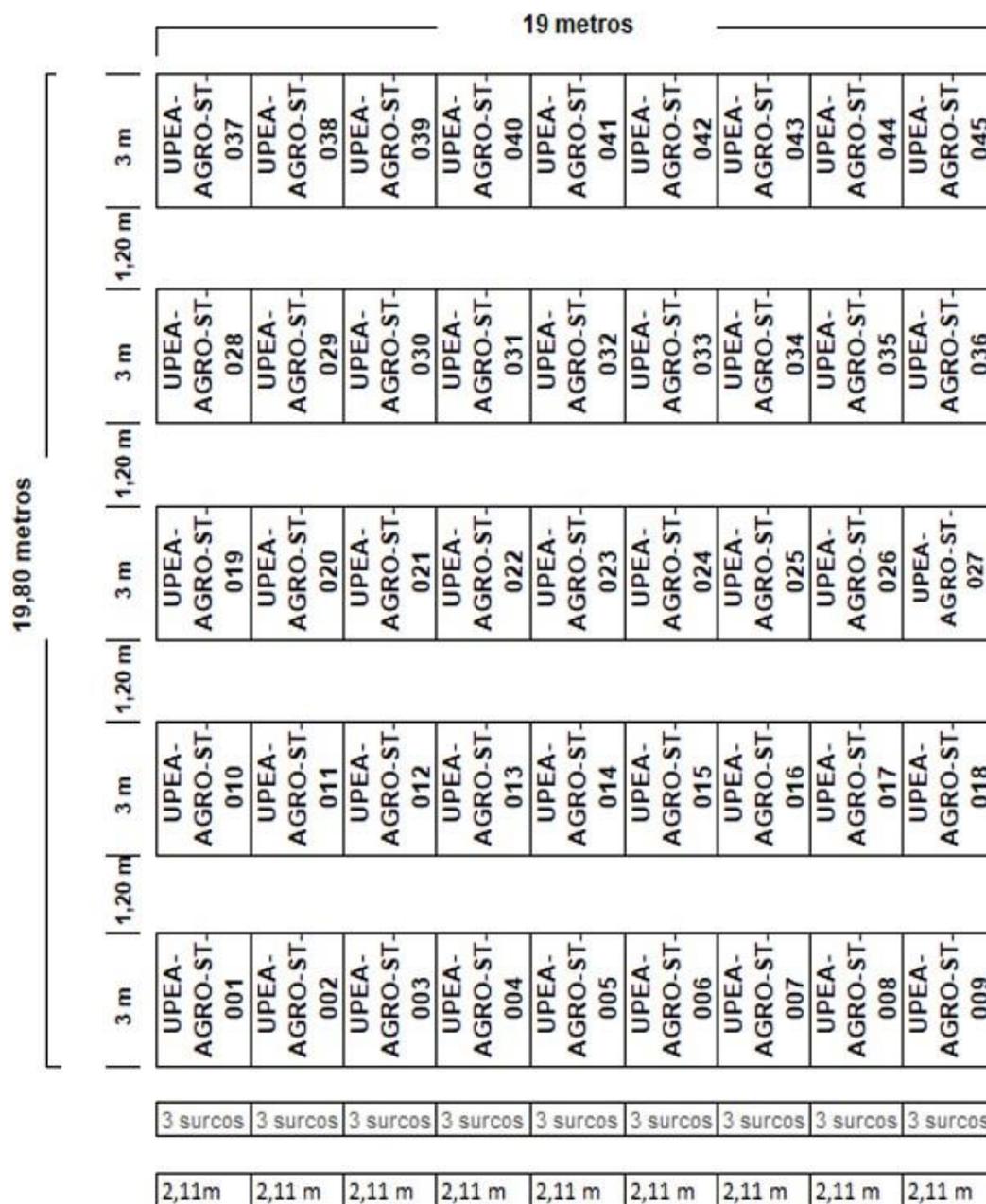
- PROINPA, 2007. Caracterización de la diversidad de cultivos en tres microcentros de la zona del Lago Titicaca, Gestión 2006-2007. Fundación PROINPA. La Paz-Bolivia. pp. 127-137
- Franco, T. L., y Hidalgo, R. (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos – Boletín Técnico No 8: Instituto Internacional de Recursos Fotogénicos (IPGRI), Cali, Colombia.
- Guarachi, E. 2011. Balance hídrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenaje mixto en Sucakollos en el Centro Experimental Kallutaca. Tesis de Grado. Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA. Municipio de Laja. La Paz
- Guarachi, E. y Serrano, G. 2011. Balance hidrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenaje mixto en Suka Kollus. Biósfera. Vol. 1 97-109 p.
- Hidalgo, R. 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Análisis multivariado en estudios de variabilidad genética. (Eds.) Franco T. L. y Hidalgo R. Boletín técnico no. 8., Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. pp 2-26.
- Holle, O. M. 2004. Recursos Genéticos Vegetales. La Molina, Lima, Perú. pp. 187-189.
- Huaman, Z. 2000. Botánica sistemática y morfología de la papa. Bit- 6. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. 26 p.
- Huaman, Z. 1999. Botánica sistemática y Morfología de la papa. Bit-6. Centro internacional de la papa. Lima, Perú. 26 p
- IBM. 2021. IBM SPSS Conjoint 28. IBM. s.l., 11. Disponible en https://www.ibm.com/docs/en/SSLVMB_28.0.0/pdf/IBM_SPSS_Conjoint.pdf
- Jaramillo, S.; Baena, M. 2000. Material de apoyo a la capacidad en conservación ex situ de recursos fitogenéticos. Cali, Colombia. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Grupo América, 122 p.
- Laura, M. 2019 Por déficit, Bolivia importó 4.600 T de papa peruana en 2018
- Mamani, E. 2018. Evaluación de la diversidad genética de papas nativas frente a los riesgos climáticos en la comunidad Cariquina grande. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. 65 p
- Mamani, M. 2009. Caracterización y evaluación de la diversidad de papas nativas en el municipio de Umala del departamento de La Paz. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 75 p.

- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego); MEF (Ministerio de Economía y finanzas), Perú 2020, Análisis de Mercado de la papa. Pag.5 – 6
- Mujica, A. 1992. Granos y leguminosas andinas. In: J. Hernández, J. Bermejo y J. Leon (eds). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp 129-146.
- Navarro, F. 2000. Etimologías. Patata (I) En Centro Virtual Cervantes. Instituto Cervantes (España), ed. *Revista Rinconete*.
- CIP. 20013. Centro Internacional de la Papa. Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales. Eds. M. Bonierbale, S. de Haan, A. Forbes, C. Bastos, Trads. T. Ames, Mc Lauchlanz. Lima PE. S. e. 151 p.
- Ochoa, R. 2008. Bioestadística. La Paz, Bolivia. 245 p.
- Ochoa, C. 2003. Los Solanum tuberíferas silvestres del Perú. pp 32.
- Orihuela, E. 2018. Caracterización y evaluación agronómica de papas nativas en la estación experimental de Patacamaya. Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía – UMSA, La Paz Bolivia.
- Olmos S, Di Renzo M. 2004. Métodos de análisis de la variabilidad, consideraciones estadísticas y biológicas para estimar variabilidad Genética. En: Gabriela Levitus, Viviana Echenique, Clara Rubinstein, Esteban Hopp, Luis Mroginski (eds.). Biotecnología y Mejoramiento Vegetal. Buenos Aires Argentina. pp 187 – 197.
- Pardavé, C. (2004). Cultivo y comercialización del cultivo de papa. ed. Palomino. Lima, Perú. 133 p.
- Querol, D. 1988. Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Industrial Grafica. Lima, Perú. 207 p
- REDPA; CAS. 2015. (Sistema de información de Mercados Red de políticas Agropecuarias, Consejo Agropecuario del Sur) Mercado de la papa en los países de CAS pág. 9
- Revollo, C. M. 2004. Variabilidad Genética de Cuatrocientas veintiuna poblaciones de quinua real conservadas en el Banco Nacional de Granos Altoandinos. Tesis Ing. Agr. Universidad Loyola La Paz, Bolivia. pp 42.
- Rojas, B, 2003. Caracterización de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* subespecie andígenum) por su potencial para la producción de almidones nativos. Trabajo de grado. Bogota D.C. CO. Universidad de La Salle. 125 p.
- Roman M. 2002. Guía técnica del cultivo de papa, El Salvador.

- Serrano, G.2013. Dinámica del agua en suka kollus bajo condiciones de drenaje superficial y sub superficial, en la estación experimental de Kallutaca - Laja
- SENAMHI. 2019. Monitoreo Climático. La Paz, Bolivia. Consultado Jun. 2023. Disponible en <https://senamhi.gob.bo/index.php/clima>
- Silveti, R. 2011. Fundación Sumaj Huasi y Asociación APAINTI, Evaluación de cuatro especies andinas papa, quinua y avena utilizando fertilizantes orgánicos, orina humana tratada y humus ecosan comunidad de villa andrani, municipio de el alto
- Soto, C. 2001. Calidad de consumo en variedades de papa. 2003, INIA - Mercado Modelo. (en línea). spa. Consultado 12 dic .2017. Disponible: En http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/pol/2003/calidad_papa.pdf
- Tapia, M. 2008. Caracterización morfológica y molecular de la diversidad genética de la selección de *Pachyrhizus tuberosus* (LAM.) Spreng del CATIE. Tesis Mag. Sci., Catie. Turrialba, Costa Rica. 157 p.
- Torrez M.M.2011 (Perú come papa) "taxonomía" Perú pp.1
- Torres, S. 2005. Épocas de siembra y variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*) en la provincia Tomina-Chuquisaca. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 75 p.
- Varela, M. 1998. Análisis Multivariado de Datos, Aplicación a las Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana, Cuba. pp. 3-15, 37-45.
- Vicente, C. (editor) (2005). *Issues on gene flow and germplasm management*. AMS (Bioversity's Regional Office for the Americas), IPGRI. Archivado desde el original el 3 de mayo de 2008. Consultado el 11 de agosto de 2019. 63 p.
- Zabala, L. 2012. Comportamiento productivo de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* ssp.) bajo dos calibres de semilla registrada en la comunidad Collana. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 136 p.

8. ANEXOS

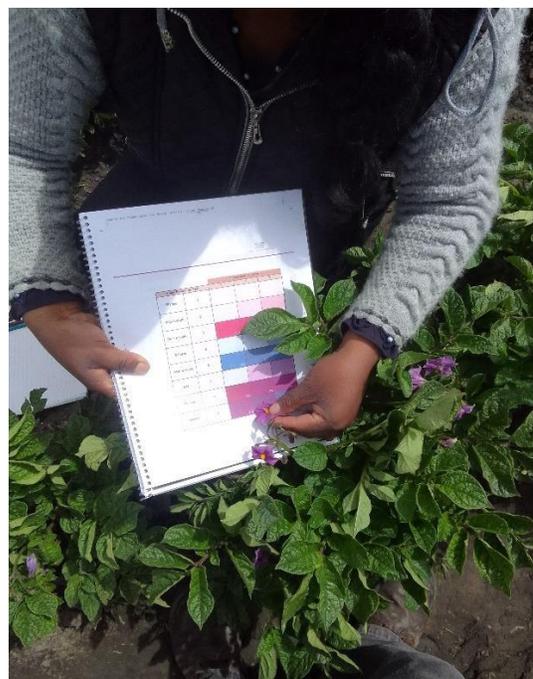
Anexo 1. Croquis del ensayo de investigación



Anexo 2. Semillas de papa nativa de la campaña agrícola 2020-2021, utilizada en la siembra de la campaña agrícola 2021 - 2022



Anexo 3 Identificación con marbetes en plantas de papa y registro de información en planta.



Anexo 4. Registro de información de la flor de papa nativa (Accesión. ST 038)

Color Básico de Flor		Intensidad del Color		
		1	2	3
Blanco	1			
Rojo rosado	2			
Rojo morado	3			
Celeste	4			
Azul morado	5			
Lila	6			
Morado	7			
Violeta	8			



)



Acc. ST 022



Acc. ST 036



Acc. ST 041

