

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



TESIS DE GRADO

CARACTERIZACIÓN DE 50 ACCESIONES DE CAÑAHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen), EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DE KALLUTACA

Por:

María Eugenia Quispe

EL ALTO – BOLIVIA

Junio, 2024

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

**CARACTERIZACIÓN DE 50 ACCESIONES DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*
Aellen), EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

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

María Eugenia Quispe

Asesores:

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

Tribunal Revisor:

Lic. Ing. Vicky Ruth Vilca Calle

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

Dr. Lic. Ing. Francisco Mamani Pati

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

A mis padres Germán Apaza y Ceferina Quispe, por su generosidad, apoyo y cariño, por todo el esfuerzo realizado con amor, paciencia, por su enseñanza de lucha y consejos para hacernos personas de bien.

A mi tía Lidia Quispe y a mi hermana Yesica Alicia por su gran cariño y apoyo durante mi formación, quien me enseñó que no importa en qué situación nos encontremos si pedimos a Dios y nos esforzamos, siempre saldremos adelante llegando aún más lejos de lo que pudimos imaginar.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor infinito, por darme la oportunidad de estar aquí y conocer a todas las maravillosas personas que me rodean. Gracias por darme la fuerza y sabiduría para culminar mi carrera y por guiarme siempre por el camino correcto.

A mis padres por darme la vida y educarme con cariño, por la confianza depositada en mí, por su apoyo y amor incondicional, gracias por ayudarme a cumplir esta meta.

Agradecimientos a la institución INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal), por proporcionarme apoyo técnico, también por que gestionó la facilitación del terreno en el Centro Experimental de Kallutaca, para la realización del presente trabajo de investigación.

Mi agradecimiento a mi asesor M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, por el asesoramiento y desprendimiento en las correcciones, sugerencias vertidas y recomendaciones, además por su amistad y las palabras de aliento que me fortaleció.

También agradezco al tribunal revisor compuesto por el M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas, Dr. Lic. Ing. Francisco Mamani Pati y la Lic. Ing. Vicky Ruth Villca Calle, por el tiempo empleado para la revisión del documento, aportando valiosas sugerencias y correcciones que permitieron concluir el trabajo.

Y un sincero agradecimiento a mis queridos y amados padres Germán Apaza y Ceferina Quispe por su apoyo, comprensión y confianza dada en el transcurso de mi vida de estudiante, del mismo modo a mis hermanos Pablo Tito, Brígida Rosalía, Rodrigo Ángel y Yesica Alicia por su ayuda, colaboración y comprensión conferido.

A mis amigos por brindarme su amistad, confianza, apoyo y sobre todo compañerismo. Un agradecimiento especial a Yesenia Vargas por escuchar y entender en los momentos buenos y malos que vivimos juntas, que cursamos los semestres de carrera.

Del mismo modo agradezco a la Universidad Pública de El Alto a la Carrera Ingeniería Agronómica por cobijarme y brindarme en sus aulas que fueron un segundo hogar para lograr nuestras metas, finalmente muchos agradecimientos al plantel docente y administrativo, quienes me enseñaron y forjaron para ser un buen profesional.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
ABREVIATURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvii

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis.....	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Cultivo de cañahua	6
2.2. Origen.....	6
2.3. Zonas de dispersión geográfica de cañahua en Bolivia	6
2.4. Zonas de producción y áreas cultivadas de cañahua.....	7
2.5. Características del cultivo	10
2.6. Importancia del cultivo	10
2.7. Producción Mundial	10

2.8.	Producción Nacional	11
2.9.	Morfología y taxonomía.....	11
2.9.1.	Descripción botánica de la cañahua.....	11
2.9.1.1.	Raíz.....	12
2.9.1.2.	Tallo	12
2.9.1.3.	Hoja.....	12
2.9.1.4.	Inflorescencia	12
2.9.1.5.	Flores	12
2.9.1.6.	Grano	13
2.9.	Clasificación taxonómica.....	13
2.10.	Requerimiento de clima y suelo	13
2.10.1.	Clima.....	13
2.10.2.	Suelo.....	14
2.11.	Características de manejo agronómico del cultivo	14
2.11.1.	Época y densidad de siembra	14
2.11.2.	Método de siembra	14
2.11.3.	Abonamiento	14
2.11.4.	Deshierbe.....	15
2.11.5.	Raleo	15
2.11.6.	Cosecha.....	15
2.11.7.	Enfermedades y plagas.....	15
2.11.8.	Trilla y almacenamiento	16
2.12.	Hábito de crecimiento	16
2.13.	Fases fenológicas del cultivo de cañahua.....	17
2.13.1.	Fase de emergencia	17
2.13.2.	Fase de dos hojas verdaderas	18

2.13.3.	Fase de ramificación	18
2.13.4.	Fase de formación de la inflorescencia	18
2.13.5.	Fase de floración.....	19
2.13.6.	Fase de grano lechoso.....	19
2.13.7.	Fase de grano pastoso.....	20
2.13.8.	Fase de madurez fisiológica.....	20
2.13.9.	Ciclo vegetativo de la cañahua.....	20
3.	Variedades y ecotípos de cañahua.....	21
3.1.	Variedades de cañahua	21
3.2.	Ecotípos de cañahua	21
3.3.	Estudios realizados en germoplasma de cañahua	22
3.4.	Banco de germoplasma	22
3.5.	Adquisición de germoplasma	22
3.6.	Multiplicación preliminar.....	23
3.7.	Accesiones	23
3.8.	Caracterización y evaluación	23
3.9.	Caracterización.....	24
3.10.	Evaluación	24
3.11.	Evaluación preliminar.....	25
3.12.	Componentes de la caracterización y evaluación.....	25
3.13.	La población representativa de la especie	26
3.14.	Descriptores.....	26
3.15.	Estados del descriptor	26
3.16.	Análisis multivariado	27
3.17.	Análisis de componentes principales (ACP).....	28
3.18.	Análisis de conglomerados	29

4.	MATERIALES Y MÉTODOS	31
4.1.	Localización	31
4.1.1.	Ubicación Geográfica.....	31
4.2.	Características del área de estudio	31
4.2.1.	Clima.....	31
4.2.2.	Suelo.....	32
4.2.3.	Vegetación	32
4.3.	Materiales	32
4.3.1.	Material biológico	32
4.3.2.	Material de campo.....	33
4.3.3.	Material de laboratorio.....	33
4.3.4.	Material insumos agrícolas.....	33
4.3.5.	Material de gabinete.....	33
4.4.	Metodología	34
4.4.1.	Ubicación y desarrollo experimental.....	34
4.4.2.	Procedimiento experimental	34
4.4.3.	Preparación del terreno.....	34
4.4.4.	Delimitación del área experimental.....	34
4.4.5.	Siembra.....	35
4.4.6.	Marbeteado de plantas.....	35
4.4.7.	Labores culturales.....	35
4.4.8.	Caracterización y evaluación.....	36
4.4.9.	Cosecha.....	37
4.4.10.	Trilla venteo	37
4.5.	Diseño experimental	37
4.5.1.	Croquis experimental	38

4.5.2.	Dimensión del campo experimental.....	39
4.6.	Variables de la estructura	39
4.6.1.	Variables cuantitativas	40
4.6.1.1.	Días a la emergencia (FDE)	40
4.6.1.2.	Días a ramificación (FDR)	40
4.6.1.3.	Días a 50% de floración (F%F).....	41
4.6.1.4.	Días a grano lechoso (FGL)	41
4.6.1.5.	Días a grano pastoso (FGP).....	41
4.6.1.6.	Días a madurez fisiológica (FMF).....	41
4.6.1.7.	Altura de la planta (AAP)	41
4.6.1.8.	Cobertura vegetativa (CV).....	41
4.6.1.9.	Diámetro de tallo central (DTC)	42
4.6.1.10.	Número de ramas primarias (RNRP)	42
4.6.1.11.	Longitud máxima de lámina foliar (HLM)	42
4.6.1.12.	Ancho máximo de lámina foliar (HAM).....	42
4.6.1.13.	Longitud de peciolo (HLP)	42
4.6.1.14.	Peso hectolítrico (GPH).....	42
4.6.1.15.	Diámetro de grano (GDG)	43
4.6.1.16.	Índice de cosecha (IC).....	43
4.6.2.	Variables cualitativas.....	43
4.6.2.1.	Habito de crecimiento (AHC)	43
4.6.2.2.	Grado de dehiscencia (GGD)	44
4.6.2.3.	Presencia de estrías (TPE)	44
4.6.2.4.	Color de estrías (TCE).....	44
4.6.2.5.	Formas de lámina foliar (HFLA).....	45
4.6.2.6.	Borde de lámina foliar (HBLA)	45

4.6.2.7.	Vigor de emergencia (VEM)	45
4.6.3.	Variables de grano	45
4.6.3.1.	Peso de 1000 granos (GPEM).....	45
4.6.3.2.	Rendimiento de grano por planta (GRG)	46
4.6.3.3.	Color de pericarpio (GCP)	46
4.6.3.4.	Forma de grano (GFG).....	46
4.6.3.5.	Borde de grano (BG)	46
4.6.3.6.	Color de tallo a la madurez fisiológica (TCO)	47
4.6.3.7.	Color de planta a la madurez fisiológica (CPMF).....	47
4.6.3.8.	Color de perigonio (CP).....	47
4.6.4.	Análisis estadístico.....	48
4.6.4.1.	Análisis estadístico descriptivo	48
4.6.4.2.	Análisis de componentes principales.....	49
4.6.4.3.	Análisis de conglomerados.....	49
4.6.4.4.	Análisis descriptivo de las variables cualitativas que se caracterizan a los conglomerados	49
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
5.1.	Análisis estadístico descriptivo.....	50
5.1.1.	Variables cuantitativas	51
5.1.1.1.	Días a la emergencia	51
5.1.1.2.	Días a ramificación.....	53
5.1.1.3.	Días a 50 % floración	55
5.1.1.4.	Días a grano lechoso	57
5.1.1.5.	Días a grano pastoso	59
5.1.1.6.	Días a la madurez fisiológica.....	60
5.1.1.7.	Longitud máxima de lámina foliar	63
5.1.1.8.	Ancho máximo de lámina foliar.....	65

5.1.1.9.	Longitud de peciolo	66
5.1.1.10.	Altura de la planta.....	68
5.1.1.11.	Cobertura vegetal	70
5.1.1.12.	Número de ramas primarias	73
5.1.1.13.	Diámetro de tallo central.....	75
5.1.1.14.	Diámetro de grano.....	77
5.1.1.15.	Peso de 1000 granos	78
5.1.1.16.	Peso hectolítrico	81
5.1.1.17.	Rendimiento de grano por planta.....	83
5.1.1.18.	Índice de cosecha.....	85
5.1.1.19.	Número de plantas	86
5.1.1.20.	Peso de broza	88
5.1.2.	Variables cualitativas.....	90
5.1.2.1.	Hábito de crecimiento.....	90
5.1.2.2.	Presencia de estrías.....	92
5.1.2.3.	Color de estrías.....	93
5.1.2.4.	Color de tallo a la madurez fisiológica	94
5.1.2.5.	Color de planta a la madurez fisiológica	96
5.1.2.6.	Forma de lámina foliar	97
5.1.2.7.	Borde de lámina foliar	98
5.1.2.8.	Grado de dehiscencia	99
5.1.2.9.	Color de perigonio	100
5.1.2.10.	Color de pericarpio	102
5.1.2.11.	Vigor de emergencia	103
5.1.2.12.	Forma de grano.....	105
5.1.2.13.	Borde de grano.....	106

5.1.2.14. Susceptibilidad abiótica/biótico	107
5.2. Análisis multivariado	107
5.2.1. Análisis de correlación	107
5.2.2. Análisis de componentes principales.....	108
5.2.3. Análisis de conglomerados	111
5.2.4. Caracterización de grupos	114
5.2.5. Grupo 1.....	116
5.2.6. Grupo 2.....	117
5.2.7. Grupo 3.....	117
6. CONCLUSIONES.....	118
7. RECOMENDACIONES.....	119
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
9. ANEXOS	127

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Producción y rendimiento de cañahua y otros granos, en el año agrícola 2007 - 2008.....	7
Cuadro 2.	Clasificación de métodos estadísticos de análisis multivariados	27
Cuadro 3.	Clasificación de métodos multivariados.....	28
Cuadro 4.	Diferencia entre los métodos de aglomeración.....	30
Cuadro 5.	Dosificación para regulador de crecimiento de cañahua	36
Cuadro 6.	Detalle de variables caracterizadas y evaluadas en 50 accesiones de cañahua, Centro Experimental de Kallutaca	39
Cuadro 7.	Detalle de variables caracterizadas y evaluadas en 50 accesiones de cañahua, Centro Experimental de Kallutaca	50
Cuadro 8.	Análisis de varianza para el número de días a la emergencia.....	51
Cuadro 9.	Accesiones con promedios de días a la emergencia.....	52
Cuadro 10.	Accesiones con promedios de días a la emergencia.....	53
Cuadro 11.	Accesiones con promedios para el número de días a la ramificación.....	54
Cuadro 12.	Análisis de varianza para el número de días a 50% de floración.....	55
Cuadro 13.	Accesiones con promedios para el número de días a 50% de floración	56
Cuadro 14.	Análisis de varianza para el número de días a grano lechoso	57
Cuadro 15.	Accesiones con promedios para el número de días a grano lechoso	58
Cuadro 16.	Análisis de varianza para el número de días a grano pastoso.....	59
Cuadro 17.	Accesiones con promedios para el número de días a grano pastoso	59
Cuadro 18.	Análisis de varianza para el número de días a la madurez fisiológica	61
Cuadro 19.	Accesiones con promedios para días a la madurez fisiológica	61
Cuadro 20.	Análisis de varianza para longitud máxima de lámina foliar	63
Cuadro 21.	Accesiones con promedios para longitud máxima de lámina foliar	63
Cuadro 22.	Análisis de varianza para el ancho máximo de lámina foliar.....	65
Cuadro 23.	Accesiones con promedios para el ancho máximo de lámina foliar	65

Cuadro 24.	Análisis de varianza para la longitud de peciolo	67
Cuadro 25.	Accesiones con promedios para la longitud de peciolo	67
Cuadro 26.	Análisis de varianza para altura de planta	69
Cuadro 27.	Accesiones con promedios en Altura de la planta	69
Cuadro 28.	Análisis de varianza para la cobertura vegetal	71
Cuadro 29.	Accesiones con promedios para la cobertura vegetal	71
Cuadro 30.	Análisis de varianza para número de ramas primarias	73
Cuadro 31.	Accesiones con promedios para número de ramas primarias	73
Cuadro 32.	Análisis de varianza para el diámetro de tallo central	75
Cuadro 33.	Accesiones con promedios para el diámetro de tallo central	75
Cuadro 34.	Análisis de varianza para Diámetro de grano	77
Cuadro 35.	Accesiones con promedios para Diámetro de grano	77
Cuadro 36.	Análisis de varianza para Peso de mil granos	79
Cuadro 37.	Accesiones con promedios para Peso de mil granos	80
Cuadro 38.	Análisis de varianza para Peso hectolítrico	81
Cuadro 39.	Accesiones con promedios para Peso hectolítrico	81
Cuadro 40.	Análisis de varianza para Rendimiento de grano por planta	83
Cuadro 41.	Accesiones con promedios para Rendimiento de grano por planta	83
Cuadro 42.	Análisis de varianza para Índice de cosecha	85
Cuadro 43.	Accesiones con promedios para Índice de cosecha	85
Cuadro 44.	Análisis de varianza para Número de plantas	87
Cuadro 45.	Accesiones con promedios para Número de plantas	87
Cuadro 46.	Análisis de varianza para Peso de la broza	88
Cuadro 47.	Análisis de varianza para Peso de la broza	89
Cuadro 48.	Descripción de la variable hábito de crecimiento	91
Cuadro 49.	Descripción de la variable presencia de estrías	92

Cuadro 50.	Descripción de la variable presencia de estrías.....	93
Cuadro 51.	Descripción de la variable color de tallo a la madurez fisiológica	94
Cuadro 52.	Descripción de la variable color de planta a la madurez fisiológica	96
Cuadro 53.	Descripción de la variable forma de lámina foliar	97
Cuadro 54.	Descripción de la variable borde de lámina foliar	98
Cuadro 55.	Descripción de la variable grado de dehiscencia.....	99
Cuadro 56.	Descripción de la variable color de perigonio	100
Cuadro 57.	Descripción de la variable color de pericarpio	102
Cuadro 58.	Descripción de la variable vigor de emergencia	104
Cuadro 59.	Descripción de la variable forma de grano	105
Cuadro 60.	Descripción de la variable borde de grano	106
Cuadro 61.	Descripción de la variable susceptibilidad abiótico/biótico.....	107
Cuadro 62.	Matriz de componentes principales método de extracción para las accesiones de cañahua	111
Cuadro 63.	Caracterización del grupo 1.....	114
Cuadro 64.	Caracterización del grupo 2.....	114
Cuadro 65.	Caracterización del grupo 3.....	115
Cuadro 66.	Descripción del número de accesiones en cada grupo.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución actual y potencial de la colección de cañahua de Bolivia (Pinto, 2008)	8
Figura 2. Distribución de centros de producción de cañihua en Puno	9
Figura 3. Variación de color de una misma planta de cañahua de verde a púrpura	11
Figura 4. Hábito de crecimiento	17
Figura 5. Plántulas de cañahua en proceso de emergencia.....	17
Figura 6. Planta de cañahua en proceso de ramificación	18
Figura 7. Planta de cañahua en formación de la inflorescencia.....	19
Figura 8. Planta de cañahua en flor	19
Figura 9. Fases fenológicas de la cañahua (<i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).....	20
Figura 10. Mapa de ubicación Centro Experimental de Kallutaca (Google Earth, 2023)	31
Figura 11. Precipitaciones y temperaturas promedio de la Estación Experimental de Kallutaca.....	32
Figura 12. Representación del campo experimental de ensayo cañahua, Centro Experimental de Kallutaca	38
Figura 13. Forma de grano.....	46
Figura 14. Pesado de 1000 granos en balanza.....	79
Figura 15. Representación gráfica de las accesiones respecto a los dos primeros componentes principales (BIPLOT)	109
Figura 16. Análisis de conglomerados (Dendograma)	113

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Matriz de correlación.....	128
Anexo 2.	Comparación de medias de las accesiones de cañahua.....	128
Anexo 3.	Estadísticos descriptivos.....	130
Anexo 4.	Matriz de correlaciones (Pearson).....	131
Anexo 5.	Valores de-p.....	132
Anexo 6.	Coeficiente de determinación (R^2).....	133
Anexo 7.	Delimitación del terreno.....	134
Anexo 8.	Las diferentes accesiones.....	134
Anexo 9.	Cosechado de todas las accesiones.....	134
Anexo 10.	Medición de altura de las plantas de diferentes accesiones.....	135
Anexo 11.	Trillado de las diferentes accesiones.....	135
Anexo 12.	Medición de tallo central con el calibrador.....	135
Anexo 13.	Diámetro de grano.....	136
Anexo 14.	Rendimiento de grano por planta.....	136
Anexo 15.	Descripción de color según la codificación Munsell.....	136

ABREVIATURAS

FAO	Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INIAF	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
BNGAA	Banco Nacional de Germoplasma de Granos Altoandinos
IPGRI	Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos
INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
CIRNMA	Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente
PROINPA	Promoción e Investigación de Productos Andinos
IFAD	International Found for Agricultural Development
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
MDSP	Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación
PROGRANO	Programa Granos Andinos
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: Caracterización de 50 accesiones de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Municipio de Laja – La Paz, en la Estación Experimental de Kallutaca de la Universidad Pública de El Alto tuvo el propósito de caracterizar la cañahua desde el punto vista agronómico, las accesiones fueron traídos del departamento de Cochabamba, que está a cargo del programa granos andinos del Centro de Investigación (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y forestal) INIAF (Toralapa), se evaluó la caracterización de 50 accesiones de cañahua en la campaña agrícola 2021 – 2022, se evaluó un total de 15 variables cualitativas y 20 variables cuantitativas. Con el análisis de varianza se encontró que las variables fenológicas presentan una correlación significativa, asociándose de forma negativa a estas variables de índice de cosecha y rendimiento de grano por planta, indicando que su comportamiento es inversamente proporcional a las variables fenológicas. El análisis de componentes principales permitió identificar las variables que más contribuyeron a la varianza en cada uno de los componentes seleccionados, se caracterizó principalmente a las variables fenológicas. También, se caracterizó a las variables morfológicas, indicando, que aquellas accesiones que desarrollan plantas grandes con tallos gruesos, mayor número de ramas y cobertura vegetal presentan mayor rendimiento de grano por planta.

El análisis estadístico descriptivo demostró que hay una amplia variabilidad genética de acuerdo al ciclo fenológico y al tamaño de las cañahuas de acuerdo al análisis de correlación simple, donde los valores van presentando asociaciones significativas es decir que, a medida que aumente o disminuya la duración del periodo fenológico de una variable, también hay cambios en otra variable fenológica. Con el análisis de correlación se encontró que las variables fenológicas presentan una correlación significativa, asociándose de forma negativa a estas variables el diámetro de grano y cobertura vegetal indicando que su comportamiento es inversamente proporcional a las variables fenológicas.

El segundo componente es considerado como uno de los más importantes de toda la accesión formando en su totalidad a 43 accesiones de las cuales 15 son saihua, 27 lasta y una pampalasta, este grupo reúne a las accesiones con mayor altura de toda la accesión de cañahua; altura de planta, cobertura vegetal, mayor número de ramas, con rendimientos de grano por planta y mayor índice de cosecha. El tercer componente se

caracteriza por albergar a plantas con hábito de crecimiento pampalasta con menor altura de planta, poco número de ramas, con una amplia cobertura vegetal, con menor longitud y ancho de lámina desarrolladas. Sin embargo, este grupo muestra un índice de cosecha y rendimiento de grano por planta igual al grupo 2.

El análisis de conglomerados, permitió clasificar y caracterizar a las accesiones de cañahua en tres grupos, esta agrupación proporcionó una descripción útil y permitió visualizar características particulares en cada grupo. Los análisis obtenidos de índice de cosecha y rendimiento de grano por planta indican que la accesión con hábito de crecimiento Saihua presenta un índice de cosecha de 29,96 g, Lasta 34,7 g, y Pampalasta de 28,32 g. Los rendimientos de grano por planta más altos alcanzado por las accesiones fueron 75,5 y 68,2 g (Lasta) con 85,2 y 83,5 g y (Pampalasta) 69,2 y 40,5 g.

ABSTRACT

The present research work entitled: Characterization of 50 accessions of cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) in the Municipality of Laja - La Paz, in the Experimental Station of Kallutaca of the Public University of El Alto had the purpose of characterizing the cañahua from the agronomic point of view, the accessions were brought from the department of Cochabamba, The accessions were brought from the department of Cochabamba, which is in charge of the Andean grains program of the Research Center (National Institute for Agricultural and Forestry Innovation) INIAF (Toralapa), the characterization of 50 accessions of cañahua was evaluated in the 2021 - 2022 agricultural season, a total of 15 qualitative variables and 20 quantitative variables were evaluated. With the analysis of variance, it was found that the phenological variables presented a significant correlation, being negatively associated with these variables of harvest index and grain yield per plant, indicating that their behavior is inversely proportional to the phenological variables. The principal component analysis allowed the identification of the variables that contributed most to the variance in each of the selected components, mainly phenological variables were characterized. The morphological variables were also characterized, indicating that those accessions that develop large plants with thick stems, a greater number of branches and plant cover have a higher grain yield per plant.

The descriptive statistical analysis showed that there is a wide genetic variability according to the phenological cycle and the size of the cañahuas according to the simple correlation analysis, where the values show significant associations, that is, as the duration of the phenological period of a variable increases or decreases, there are also changes in another phenological variable. With the correlation analysis it was found that the phenological variables present a significant correlation, with the grain diameter and plant cover being negatively associated with these variables, indicating that their behavior is inversely proportional to the phenological variables.

The second component is considered one of the most important of the whole accession, comprising 43 accessions of which 15 are saihua, 27 lasta and one pampalasta, this group gathers the accessions with the greatest height of the whole cañahua accession; plant height, vegetative cover, greater number of branches, with grain yields per plant and greater harvest index. The third component is characterized by plants with pampalasta

growth habit with lower plant height, low number of branches, with a wide vegetative cover, with less developed length and width of lamina. However, this group shows a harvest index and grain yield per plant equal to group 2.

Cluster analysis allowed us to classify and characterize the cañahua accessions into three groups, this grouping provided a useful description and allowed us to visualize particular characteristics in each group. The analyses obtained for harvest index and grain yield per plant indicate that the accession with growth habit Saihua presents a harvest index of 29.96 g, Lasta 34.7 g, and Pampalasta 28.32 g. The highest grain yields per plant achieved by the accessions were 75.5 and 68.2 g (Lasta) with 85.2 and 83.5 g and (Pampalasta) 69.2 and 40.5 g.

1. INTRODUCCIÓN

La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), es una especie originaria de la zona circundante al Lago Titicaca, compartida entre Bolivia y Perú. Las principales áreas de producción en el país se encuentran en los Departamentos de La Paz, en la Provincia Pacajes, Ingavi y las zonas altas de la Provincia Omasuyos; Oruro, el Altiplano Norte de Oruro y en la zona de los Chipayas; y en Cochabamba, en las Provincias Independencia, Bolívar y Tapacarí (Gandarillas y Miranda, 1997).

La cañahua como cultivo andino, en los últimos años ha cobrado bastante interés, por sus cualidades nutritivas (14 a 19 % de proteína y un importante balance de aminoácidos) y sus cualidades recuperan su importancia en la producción, con potencial de mercadeo y capaz de proporcionar seguridad alimentaria regional y mundial (Mujica *et al.*, 2002).

El cultivo de cañahua está adaptado a condiciones agroecológicas imperantes de los 3000 hasta 4400 m.s.n.m. y se desarrolla mejor en suelos francos arcillosos con buen drenaje y muestra tolerancia a la salinidad, tolera periodos prolongadas de sequía, muestra susceptibilidad a la humedad en las primeras fases de desarrollo, una vez establecida es muy resistente al frío, soportando temperaturas bajas hasta - 4°C, en el otro extremo puede soportar hasta 28°C, lo cual despierta un interés inusitado en su cultivo, en el mejoramiento genético, así como en la producción, que constituye ventajas económicas (Hurtado, 2008).

La actividad agrícola en Bolivia como país andino, constituye un sector importante en la producción de diferentes cultivos como la oca, papa, quinua, cañahua, haba, tarwi, cebada y otros, que significan para el agricultor y su familia la base de su dieta alimenticia, pese, a que los cultivos muestran rendimientos cada vez más bajos, debido a condiciones climáticas adversas, cambios bruscos de temperatura, sequías, predominio de heladas, granizadas y permanente agotamiento de la fertilidad natural de los suelos (Bazan y Pino, 1992).

1.1. Antecedentes

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), es una especie andina que durante cientos de años ha sido de gran relevancia para la alimentación de los pobladores andinos. Actualmente está retomando auge, en la alimentación humana por la calidad de su proteína y un mejor compuesto químico que los cereales comunes. Además de componentes nutricionales como calcio y magnesio, la Cañihua puede ser fuente importante de componentes funcionales o nutraceuticos como fibra dietaria y compuestos fenólicos, pero los pocos estudios no permiten el conocimiento del real potencial de esta especie para su aprovechamiento en la industria alimentaria (Valdivia, 2002).

Investigaciones de Soto y Carrasco (2010), afirman que toda esta valiosa diversidad de recursos genéticos y conocimiento ligado, se halla amenazada y en proceso de pérdida; por varios factores como el crecimiento de la agricultura comercial moderna, las leyes y políticas nacionales que con frecuencia fomentan unilateralmente este tipo de agricultura capitalista.

En Perú, el cultivo de cañahua recibe mayor atención por parte del estado e instituciones de investigación y la Universidad Altiplánica particularmente en los departamentos de Puno, Cusco y Arequipa, donde la superficie cosechada llega a las 6000 hectáreas por año, debido a su potencial agroindustrial (IPGRI *et al.*, 2005).

En el caso de Bolivia según, (Rojas *et al.*, 2004), indican que el área de producción de cañahua es tan pequeña que ni siquiera es mencionado en el censo agrícola anual del país. Montaña (2005), señala que los volúmenes de producción de cañahua han ido disminuyendo, cuya producción se destina el 43% al autoconsumo rural, el 28,6% al trueque y otra parte a la venta a ferias rurales y en menor proporción a mercados regionales.

1.2. Planteamiento del problema

La producción agrícola del altiplano boliviano ha tenido considerables cambios a lo largo de los últimos 10 años, mostrando variaciones en producción y superficie de siembra de especies locales como la cañahua.

La producción de la cañahua no es alentadora, misma que se refleja en la falta de datos oficiales actualizados, como en el caso de la quinua, grano que ha tenido un incremento considerable en términos de volúmenes debido a la demanda extrema, siendo de menor importancia en el Altiplano Norte ya que se cultiva con fines de consumo local y son más importantes los cultivos de papa y cebada.

Sin embargo, en Bolivia existe el Banco Nacional de Germoplasma de Granos Altoandinos, resguardado por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). Si bien se realizaron investigaciones en Toralapa, la expresión del genotipo cambia en función del tiempo y lugar, por ende, hace falta complementar más información del potencial genético y productivo en nuevos lugares de producción, como en este trabajo de investigación, y que, además, se necesita conocer los atributos de cada genotipo de cañahua, por su condición de cultivo principal en la agricultura tradicional familiar.

Hoy en día las presiones socioeconómicas como de fuerza de trabajo y patrones de consumo; presentan impactos negativos en la producción de la cañahua y en el consumo de este producto por los pobladores, debilitando aún más su posición como cultivo y alimento en la región.

1.3. Justificación

La marginación de los granos andinos en el ámbito económico, en nuestro caso la cañahua, se ha producido por el bajo consumo, ya que su producción ha decrecido a través de los años y su diversidad genética ha llegado a niveles críticos. No olvidemos que la diversidad de los recursos genéticos optimiza en la parte de la economía e incrementan la competitividad internacional de Bolivia, siempre y cuando mantengamos la colección genética y los conocimientos asociados a dichos recursos.

Para los agricultores las dimensiones sociales determinan las actividades agrícolas que les permite desarrollar conocimiento tradicional, especializado sobre los atributos de las especies, uso de la diversidad agrícola y emplear eficientemente la mano de obra de la familia según sus potencialidades y limitaciones.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Caracterizar la producción de 50 accesiones de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en el Centro Experimental de Kallutaca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir agronómicamente las características de 50 accesiones de cañahua en el Centro Experimental de Kallutaca.
- Analizar el grado de correlación entre los caracteres agronómicos de 50 accesiones del cultivo de cañahua.
- Identificar grupos diferenciados en el conjunto de accesiones a través de técnicas multivariadas.

1.5. Hipótesis

- No presentan diferencias agronómicas en la caracterización de 50 accesiones de cañahua.
- La correlación entre caracteres agronómicos de 50 accesiones del cultivo de cañahua.
- Utilizando técnicas multivariadas no presentan diferencias los grupos en el conjunto de accesiones.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultivo de cañahua

Es una planta de gran variabilidad genética, que alcanza una altura de 20 a 60 cm produce numerosas semillas de tamaño aproximado de un milímetro y existen diversas variedades, cada una con su propia forma y color de grano. La siembra es, usualmente al voleo con semillas no seleccionadas, y posiblemente usando varios tipos mezclados. Dependiendo de la variedad, la planta tarda entre 95 y 150 días en crecer y madurar. Los procesos de cosecha y post cosecha como trillar, cernir, ventear, limpiar y secar las semillas (granos) toman tiempo (Woods y Eyzaguirre, 2004).

2.2. Origen

Rojas (2008), menciona que la región de los Andes, se considera como centro de origen de diversas especies como la papa, oca, papalisa, quinua, qañawa, amaranto o kiwicha, tarwi y otras, que están distribuidas en distintas zonas agroecológicas y fueron apreciadas durante miles de años.

La planta de cañahua se desarrolla muy bien en el altiplano a una altura de 3200 a 4300 m.s.n.m. principalmente en el altiplano andino que une Bolivia y Perú alrededor del Lago Titicaca. Es una planta que se cultiva en tierras marginales, debido a su alta tolerancia a factores abióticos (heladas y sequía) y necesita poco cuidado respecto a factores bióticos (plagas y enfermedades). Por estas razones la cañahua se convierte en un cultivo de seguridad alimentaria, puesto que crece en lugares donde otros cultivos y/o cereales no pueden desarrollarse (Soto y Carrasco, 2008).

2.3. Zonas de dispersión geográfica de cañahua en Bolivia

La cañahua originaria de los Andes del Sur de Perú y de Bolivia, fue domesticada por los pobladores de la cultura Tiahuanacota, asentados en la meseta del Collao. No se han encontrado vestigios arqueológicos relacionados con esta planta, y la dehiscencia que aún presentan los granos sugiere que su domesticación no está completa. Tiene importancia en el altiplano del Perú y de Bolivia, porque produce granos para la alimentación humana en altitudes entre 3800 y 4300 m.s.n.m, siendo muy resistente al frío en sus diferentes fases fenológicas. En la actualidad, su cultivo y utilización se mantienen a niveles de autoconsumo en estas regiones; una de las causas de su marginación es la

elevada cantidad de mano de obra requerida para su cosecha y el tamaño pequeño del grano, que dificulta su manejo (FAO, 2010).

En la región de Bolivia la cañahua es cultivada geográficamente en los departamentos de La Paz se produce en una superficie agrícola de 609 ha, en Cochabamba con una superficie de producción agrícola de 8 ha, en Oruro hay una superficie cultivable de cañahua de 342 ha y en Potosí se cultiva en un área de 24 ha, con un total de 983 ha de terreno agrícola en el territorio nacional (INE, 2009).

2.4. Zonas de producción y áreas cultivadas de cañahua

Pinto (2008), identificó en Bolivia tres zonas donde conserva y cultiva la cañahua.

- Altiplano norte: Provincias Camacho, Omasuyos, Los Andes, Murillo y Pacajes del departamento de La Paz.
- Altiplano central: Provincias Pacajes y Aroma del departamento La Paz; y las Provincias Sajama, San Pedro de Totora, Nor Carangas, Carangas y Saucarí del departamento de Oruro
- La tercera zona donde se observa una importante distribución es en la Provincia Bolívar del departamento de Cochabamba.

Cuadro 1. Producción y rendimiento de cañahua y otros granos, en el año agrícola 2007 - 2008

Cultivo	Superficie (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (kg/ha)
Amaranto	15	16	1.067
Cañahua	983	616	627
Cebada	55.020	46.800	851
Avena	6.067	5.616	926
Maíz	373.705	859.385	2.300
Quinua	50.356	28.809	572
Trigo	79.595	58.813	739

Fuente: Instituto Nacional de Estadística INE-Encuesta Nacional

Agropecuaria-ENA 2008 citado por Montaña (2015)

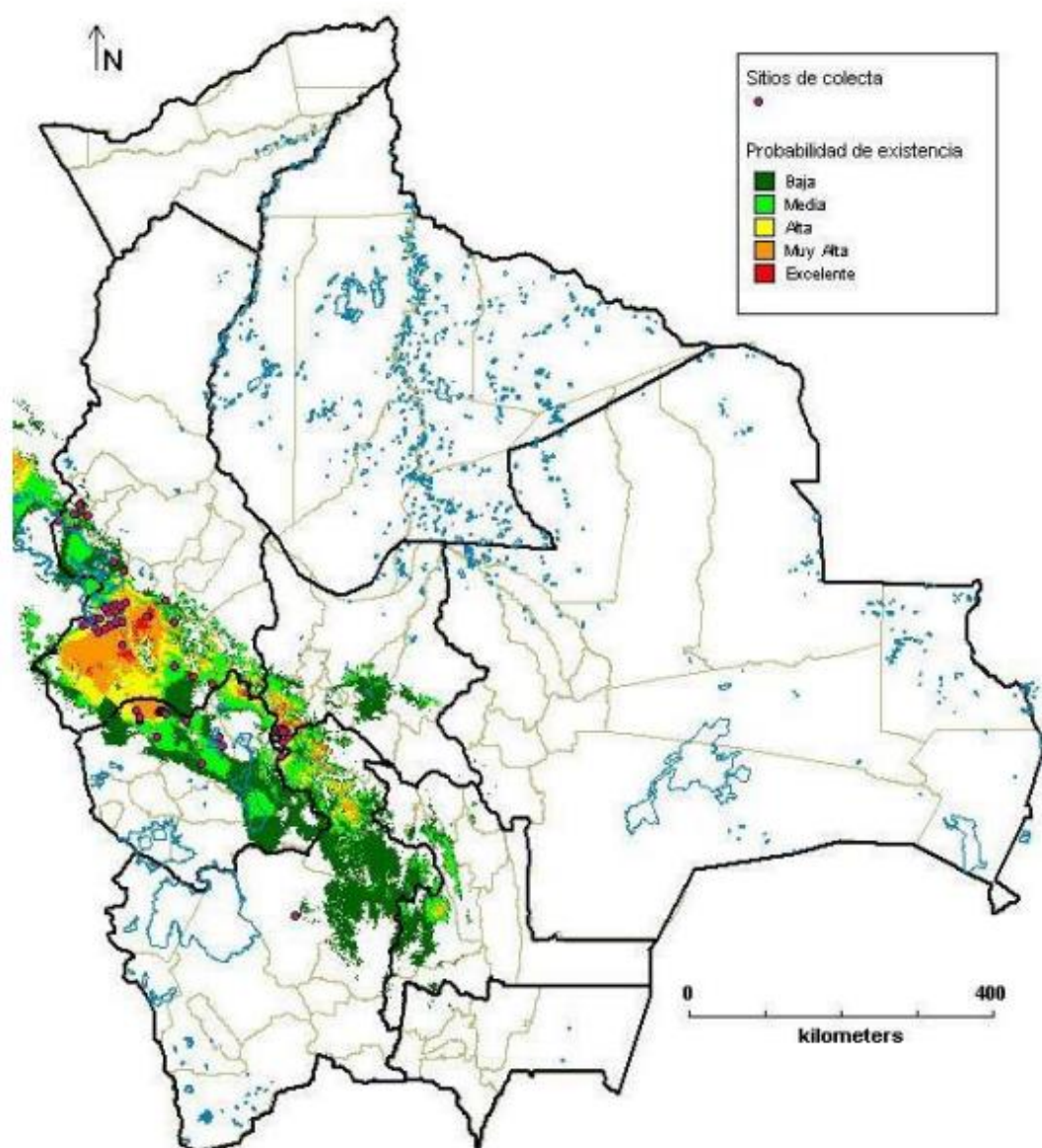
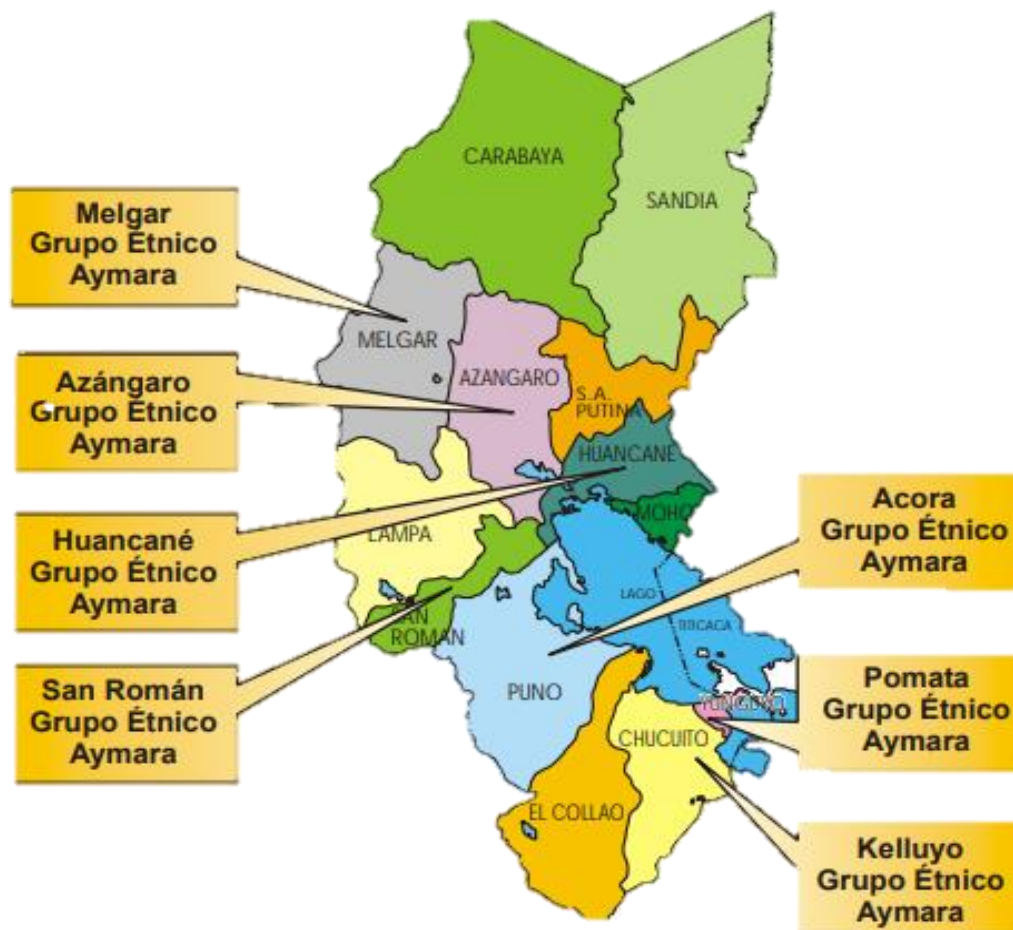


Figura 1. Distribución actual y potencial de la colección de cañahua de Bolivia (Pinto, 2008)

En la Figura 1, se observa la distribución potencial de la cañahua, representando las probables zonas de producción, simbolizada por una escala colorimétrica de menor a mayor probabilidad del cultivo. Las zonas de color verde oscuro denotan baja probabilidad de presencia de la especie, áreas de color verde claro muestran lugares con probabilidad media, áreas de color amarillo revelan una alta probabilidad de encontrar la especie, zonas de color 10 anaranjadas y rojas muestras sitios con altas a excelentes probabilidades de que existan poblaciones de cañahua (Pinto, 2008).



Fuente: Soto, 2009

Figura 2. Distribución de centros de producción de cañihua en Puno

La mayor concentración de producción de cañihua se encuentra en el altiplano de la región Puno, principalmente en las provincias de Melgar (Distritos: Llalli, Macarí, Ayaviri, Nuñoa), Azángaro, Huancané, San Román, Puno (Distrito: Acora) y Chucuito (Distritos: Pomata y Kelluyo).

Siendo un cultivo nativo del altiplano, es en esta área geográfica donde se encuentra la mayor variabilidad genética, existiendo alrededor de 800 entradas en los bancos de germoplasma del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA, 2002), y en la Universidad Nacional del Altiplano UNA-Puno, confirmando con esto su diversidad genética.

2.5. Características del cultivo

Para mantener la pureza de la variedad se recomienda eliminar las plantas diferentes a la variedad (atípicas). Para obtener semilla de buena calidad se recomienda la selección y cosecha de las mejores plantas de la parcela en época de madurez, preferentemente, plantas de maduración simultánea, altas, muy ramificadas, con inflorescencias abundantes y de granos grandes (Pinto *et al.*, 2008).

Para la siembra de cañahua los agricultores utilizan la semilla recolectada en anteriores cosechas, lo que repercute en los rendimientos. Técnicamente se debe evaluar el poder germinativo de la semilla que debe estar por lo menos encima del 80%, además que se debe seleccionar la semilla y libre de impurezas, semillas de otras plantas y rastrojos (Apaza, 2010).

2.6. Importancia del cultivo

La cañahua es originaria de la región andina, de la cual forma parte Bolivia, estos cultivos fueron el sustento alimenticio de los pueblos andinos, quechuas y aymaras. Esta riqueza fitogenética fue conservada tradicionalmente por los pobladores, debido a que los consideraban como granos sagrados, patrimonio familiar y comunal, en consecuencia, sus semillas eran entregadas como herencia a sus descendientes para que las cultiven y les sea fuente de alimentación (Pinto *et al.*, 2005).

Nuestros antepasados aymaras y quechuas veneraban a la quinua y cañahua como admirables semillas para su alimentación, actualmente ambos cultivos son considerados como fuente natural de proteína vegetal y minerales principalmente fósforo y hierro, tiene porcentajes elevados de fibra dietética y poseen una amplia variabilidad genética (Rojas y Pinto, 2006).

2.7. Producción Mundial

FAO (2013), describe la producción mundial del cultivo de cañahua como un potencial presente en regiones alto andinas, además de resaltar las propiedades nutricionales y 5 características de la especie, siendo que el rendimiento promedio a nivel mundial aún no se ha determinado con exactitud por la diversidad del cultivo, en regiones productoras peruanas el promedio de producción es de 676 kg/ha a 773 kg/ha.

2.8. Producción Nacional

INE (2016), describe la superficie de producción y el rendimiento del cultivar de cañahua de las gestiones agrícolas 2014 y 2015 a nivel nacional, la superficie de producción alcanzada fue de 1239,40 hectáreas en mencionadas gestiones, la producción de la gestión agrícola fue de 755,85 toneladas métricas, el promedio de rendimiento alcanzado fue de 610 kilogramos por hectárea.

2.9. Morfología y taxonomía

2.9.1. Descripción botánica de la cañahua

La cañahua es una planta de la familia de las espinacas y tiene el mismo género botánico que la quinua, produce un grano pequeño, no es un cereal, pues no pertenece a la familia de las poaceae. Algunos la clasifican como pseudo-cereal, aunque no es la clasificación correcta, por eso se lo clasifica dentro los granos andinos, junto a la quinua y el amaranto (Soto y Carrasco, 2008).

Planta herbácea, ramificada desde la base, altura de 20 a 60 cm, período vegetativo entre 120 y 150 días. El color de la planta (tallos y hojas) cambia según el ecotipo en la fase fenológica de grano pastoso, de verde, anaranjado, amarillo claro, rosado claro, rosado oscuro, rojo y púrpura (Apaza, 2010).



Fuente: Apaza, 2010

Figura 3. Variación de color de una misma planta de cañahua de verde a púrpura

2.9.1.1. Raíz

La raíz es pivotante, relativamente profunda de 13 a 16 cm, con escasa ramificación principal y numerosas raicillas laterales, varían del color blanco cremoso al rosado pálido (Apaza, 2010).

2.9.1.2. Tallo

El tallo es hueco, estriado y ramificado desde la base de la planta con ramas primarias, el número de ramas varía de 11 a 16 según la variedad o ecotipo, las ramas se cuentan desde la base hasta el segundo tercio de la planta, en madurez fisiológica (Apaza, 2010).

El color del tallo en la madurez fisiológica varía de acuerdo a la variedad o ecotipo que pueden ser de color amarillo claro, verde amarillento, verde agua, verde claro, verde oscuro, crema suave, crema oscuro, anaranjado, rojo, café claro, café oscuro, púrpura pálida, púrpura oscura (Apaza, 2010).

2.9.1.3. Hoja

Las hojas son trilobadas, alternas con pecíolos cortos de 10 a 12 mm, la forma de la lámina foliar es romboidal, mide 3.0 a 3.5 cm de largo y 2.5 a 2.8 cm de ancho, con borde entero (liso) o dentado. Las hojas presentan tres nervaduras bien marcadas en el envés, que se unen en la inserción del pecíolo (Apaza, 2010).

El color de las hojas varía según la variedad o el ecotipo de amarillo claro, verde amarillento, verde agua, verde claro, verde oscuro, crema suave, crema oscuro, anaranjado, rojo, café claro, café oscuro, púrpura pálido y púrpura oscura (Apaza, 2010).

2.9.1.4. Inflorescencia

Las inflorescencias son de tipo glomérulos, cimosas axilares o terminales, cubiertas por hojas terminales que las protegen de las temperaturas bajas (Apaza, 2010).

2.9.1.5. Flores

Las flores de esta especie son hermafroditas o estaminadas muy pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro y sésiles. El perigonio, está compuesto de cinco partes, los estambres son generalmente 1 a 3 unidades con un estaminodio minúsculo. El gineceo está formado por

el pistilo, superado por el periantio esférico y terminado en dos ramas estigmáticas apicales, generalmente soldadas en su base (Tapia, 1979).

2.9.1.6. Grano

El grano no contiene saponina, es de forma subcilíndrico, cónico, sublenticular, subcónico y subelipsoidal de 1.0 a 1.2 mm de diámetro, el embrión es curvo y periforme, el epispermo muy fino de color negro, castaño o castaño claro. El fruto está cubierto por el perigonio de color generalmente gris de pericarpio muy fino y translúcido. Las semillas no presentan dormancia y pueden germinar sobre la propia planta al tener humedad suficiente (Apaza, 2010).

2.9. Clasificación taxonómica

Mújica (2002), presenta la siguiente clasificación:

- Clase: Dicotyledoneae
- Sub clase: Archichlamydeae
- Orden: Centrospermales
- Familia: Chenopodaceae
- Género: *Chenopodium*
- Especie: *Chenopodium pallidicaule* Aellen.

2.10. Requerimiento de clima y suelo

2.10.1. Clima

Las especies vegetales cultivables para poder desarrollarse y producir requieren de ciertas condiciones ecológicas y climáticas. Las condiciones donde se desarrolla la cañahua en la zona Puna, que es aproximadamente entre los 3800 y 4200 msnm, con una precipitación que fluctuó entre los 250 a 300 mm y una temperatura predominante fría pudiendo tolerar hasta los 6° C bajo cero sin alterar su producción (Cuba, 2005).

La cañahua se cultiva principalmente en las zonas altas y frías del altiplano. El cultivo está restringido a Perú y Bolivia, siendo insignificantes en Ecuador y Colombia (Rojas *et al.*, 2010).

2.10.2. Suelo

Los terrenos pueden ser de "rompe" o "purumas", suelo de color oscuro con pendientes moderadas y textura franco o franco arenoso con pH 5.5 – 8.0. La cañahua no es exigente pudiéndose cultivar en terrenos de rotación después de la papa amarga (Bravo *et al.*, 2010).

2.11. Características de manejo agronómico del cultivo

2.11.1. Época y densidad de siembra

Para las condiciones edafoclimáticas del Altiplano (centro y norte) y zona alta de valle, se recomienda sembrar la cañahua desde la primera quincena de noviembre hasta los primeros días de diciembre, periodo que generalmente coincide con el inicio de lluvias. Es muy importante que en el momento de la siembra se tenga una adecuada humedad en el suelo para asegurar una buena emergencia de plantas. La densidad de siembra recomendada es de 8 kg/ha (Pinto *et al.*, 2008).

2.11.2. Método de siembra

La cañahua se siembra en surcos, distribuyendo la semilla a chorro continuo en el fondo del surco. Luego de la distribución de la semilla se recomienda efectuar un ligero tapado con la ayuda de ramas de plantas o arbustos. Asimismo, se recomienda que los surcos tengan de 15 a 20 cm de profundidad y estén distanciados de 40 a 45 cm (Pinto *et al.*, 2008).

2.11.3. Abonamiento

Apaza (2010), explica que es normal que los campesinos no acostumbren a abonar el suelo, pero sin embargo en investigaciones realizadas en el Perú afirma que es necesario primero hacer un análisis de suelo previo a la aplicación de algún abono ya sea este químico o natural.

Por otra parte (Pinto *et al.*, 2008), afirma que generalmente no se acostumbra a abonar para producir cañahua porque se aprovechan los residuos del abono aplicado al cultivo 7 anterior que normalmente es papa (*Solanum tuberosum* L.), pero se recomienda incorporar guano de oveja o de vaca durante la preparación del terreno, esparciendo

sobre toda la parcela, para asegurar que las plantas tengan suficiente cantidad de nutrientes que les permita crecer mejor y así obtener una mayor producción.

2.11.4. Deshierbe

Para reducir la competencia por nutrientes del suelo, luz y agua en las parcelas de producción, se recomienda eliminar las malas hierbas (malezas) que crecen junto a las plantas de cañahua. Se aconseja realizar esta actividad entre diciembre a febrero (época de lluvia), cuando el suelo esté húmedo (Pinto *et al.*, 2008).

2.11.5. Raleo

Mújica (1997), mencionado por Blanco (2009), indica que el raleo tiene por finalidad el desperdicio y competencia por los nutrientes y dar el espacio necesario para el desarrollo normal del cultivo.

2.11.6. Cosecha

El cambio de color de las plantas y la caída de los primeros granos son indicativos que la variedad de cañahua se encuentra en proceso de maduración. Para la cosecha, se recomienda segar las plantas cerca del cuello de la raíz con ayuda de una hoz, cuando las plantas estén aún húmedas para evitar la caída de los granos. Se recomienda cortar las plantas y no arrancarlas para evitar la contaminación del producto con tierra y piedras. Para evitar la pérdida de grano, las plantas deben cosecharse sobre manteles o yutes, que también ayudan al traslado del lugar de cosecha al lugar donde se realizará el secado y la trilla (Pinto *et al.*, 2008).

2.11.7. Enfermedades y plagas

a) Enfermedades

Tapia (1997), indica que la cañahua es una de las plantas más resistentes a las enfermedades. Aunque se ha detectado algún ataque de mildiú (*Peronospora farinosa*) al comienzo de la floración, este desaparece o la planta muestra alta tolerancia.

b) Plagas

Tapia (1997), señala que las plagas más importantes que atacan a la cañahua son los siguientes: Pulgones (*Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*), escarabajo negro “Challu challu” (*Epicauta willei* y *Epicauta latitarsis*), gusanos y larvas de lepidóptero (*Gnorimoschema sp.*) de la familia Noctuidae.

2.11.8. Trilla y almacenamiento

La trilla manual es una práctica que aún se realiza en Perú, la cual consiste en golpear las plantas de cañahua en mantos con palos especiales sacudiendo luego para separar el grano de la broza, para esta labor la humedad del grano puede variar entre 12 y 14% (Apaza, 2010).

Luego de la trilla se realiza la actividad del venteado porque la cañahua trillada contiene impurezas (hojas, tallos), que se debe realizar necesariamente aprovechando la corriente natural del viento, y también se puede ayudar con tamices y zarandas de manejo manual. Para eliminar impurezas pequeñas se utiliza un tamiz de 3.0 mm (Apaza, 2010).

Por otra parte Quispe (2003), describe el proceso de trilla, y señala que se realiza sobre una “phira” (suelo de tierra compactado de 4 x 4 m), antes se realiza un frotado de la planta con las manos (primera trilla), luego se colocan las plantas en arcos alrededor de la phira por un período de 3 a 7 días antes de realizar la segunda trilla con el uso de una herramienta tradicional llamada “jaukaña” (palo curvo de madera), una vez obtenido el grano finalmente se efectúa el venteo y cernido, antes de ser almacenado, los restos de la planta son utilizados para el alimento de los animales.

2.12. Hábito de crecimiento

Se especifica que existen tres tipos de cañahuas diferenciadas por su hábito de crecimiento los cuales son: “Saihua” si presenta ramificaciones escasas y dan la apariencia de ser más erectas, estrechas y con menor diámetro; “Lasta”, cuando sus ramificaciones son numerosas y se inician desde el cuello de la planta dando apariencia frondosa y con mayor diámetro y “Pampalasta” cuando sus tallos se presentan caídos o tendidos (IPGRI, 2005).



Figura 4. Hábito de crecimiento

2.13. Fases fenológicas del cultivo de cañahua

Lescano (1994) indica que las fases fenológicas de la cañahua comprenden las siguientes etapas:

2.13.1. Fase de emergencia

Es la aparición de los cotiledones sobre la superficie del suelo y se debe observar, antes que las axilas terminales se alarguen. Esta fase es muy susceptible al ataque de los pájaros. Esta etapa habitualmente sucede entre los 5 y 10 días luego de la siembra dependiendo la variedad, las condiciones climáticas de la zona de cultivo y la disponibilidad de agua para riego.



Figura 5. Plántulas de cañahua en proceso de emergencia

2.13.2. Fase de dos hojas verdaderas

En esta fase se inicia el crecimiento de la planta, es decir son las primeras hojas en realizar la fotosíntesis o fabricación de alimentos para el crecimiento y desarrollo de la planta, que se debe observar cuando las dos hojas verdaderas tengan una longitud de 0,5 cm. Esta fase ocurre entre 5 y 7 días transcurridos luego de la emergencia (Apaza, 2010).

2.13.3. Fase de ramificación

Llamado también enramado, se inicia el desarrollo de las ramas secundarias, las cuales aparecen en la base de la planta en forma opuesta. Se registra a la longitud de 5 cm medidos desde la axila basal de la hoja. Esta etapa se inicia luego de que se observaran las dos hojas verdaderas hasta la formación de las inflorescencias (Apaza, 2010).



Figura 6. Planta de cañahua en proceso de ramificación

2.13.4. Fase de formación de la inflorescencia

Fase en la que se observa la aparición de las primeras inflorescencias en la rama principal de la planta. Esta fase es característica porque la planta empieza a cambiar la coloración de sus hojas, ramas, ocurre normalmente entre los 75 y 85 días luego de la emergencia (Apaza, 2010).



Figura 7. Planta de cañahua en formación de la inflorescencia

2.13.5. Fase de floración

Se considera floración cuando se tiene un 50% de apertura de las flores en la rama principal. La duración de la floración por inflorescencia es de 9 a 14 días, siendo la apertura de la flor de 3 a 7 días.

Esta fase fenológica varía entre los 75 días para variedades precoces hasta los 100 días en variedades tardías (Choquecallata, 2007).



Figura 8. Planta de cañahua en flor

2.13.6. Fase de grano lechoso

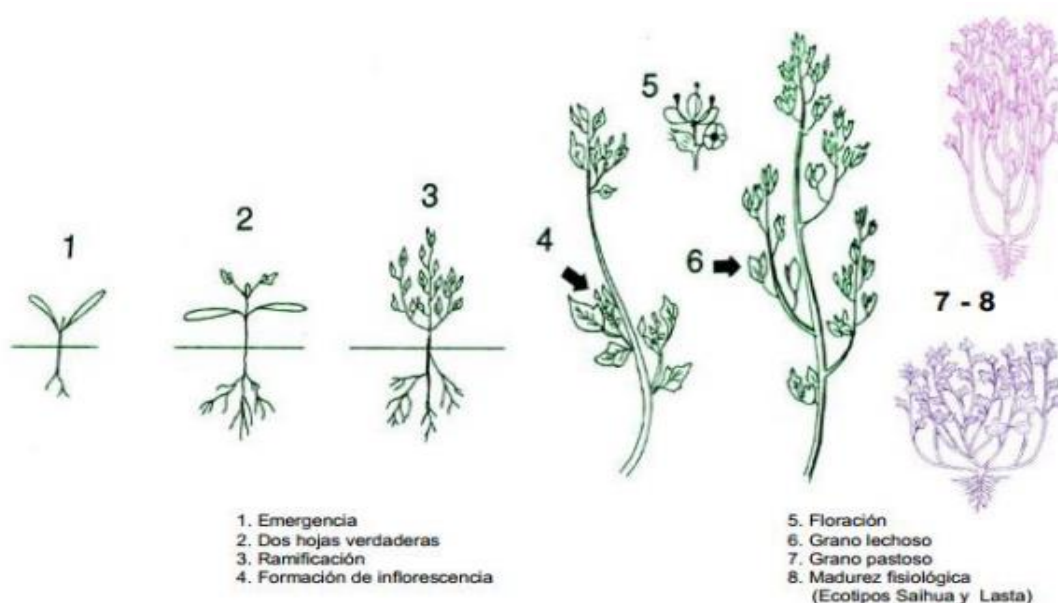
Se considera cuando al ser presionado entre las uñas, el grano deja escapar un líquido lechoso, esta fase es la más susceptible a la incidencia de heladas menores a 2°C (Apaza, 2010).

2.13.7. Fase de grano pastoso

Cuando los granos de cañahua al ser presionados entre las uñas se aplastan y muestra una consistencia pastosa de color blanco (Apaza, 2010).

2.13.8. Fase de madurez fisiológica

Cuando los granos de cañahua acumulan un máximo de materia seca y máximo tamaño de grano, por lo que se rompe la nutrición o traslado de los nutrientes hacia la semilla; se da cuando el 5% de los primeros granos inicien o estén por desgranarse, iniciándose la cosecha debido a que las plantas de cañahua son muy susceptibles al desgrane y llegan a desgranarse hasta en un 50%, esta etapa varía entre 140 y 150 días desde la siembra (Apaza, 2010).



Fuente: Lescano, 1994 y Choque, 2005.

Figura 9. Fases fenológicas de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

2.13.9. Ciclo vegetativo de la cañahua

Según Sarmiento (1990), el periodo vegetativo del cultivo de la cañahua depende de las variedades, extendiéndose de 6 a 8 meses.

Para Saravia (1997), la cañahua presenta un ciclo más precoz que la planta de quinua, indicando que la planta de cañahua alcanza su madurez aproximadamente a los 200 días después de la siembra.

Mamani (1994), en el Altiplano Norte de La Paz ha determinado que la cosecha de la cañahua se realiza entre los 150 a 180 días después de la siembra.

3. Variedades y ecotípos de cañahua

3.1. Variedades de cañahua

Tapia (1997), menciona que las variedades cultivadas son: variedad cupi y rosada lasta, ambas de tipo lasta de doble propósito para grano y forraje, también la variedad ramis, tipo lasta para la producción de grano grande.

3.2. Ecotípos de cañahua

Tapia (1997), señala que los ecotipos Lasta y Saihua con sus respectivos nombres nativos son los siguientes:

- ✓ Cañahua Lasta (Tallo principal no diferenciado de igual tamaño y grosor a sus ramas laterales), en ellas se distinguen: Chilliwa color rosado, Puca color rojo, Morado color oscuro y Condorsaya color marrón a gris.
- ✓ Cañahua Saihua (Tallo principal más desarrollado y erecto, ramas laterales diferenciadas abiertas), que comprenden: Acallapi, Puca, Morado y Condorsaya.
- ✓ Marín (2002) y el IPGRI *et al.* (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, IT) (2005), mencionan que ecotipos lasta y saihua presentan las siguientes características:
- ✓ Los ecotipos lasta, se caracterizan por el crecimiento postrado de consistencia herbácea, anual, con tallos bastante ramificados desde la base presentando una apariencia frondosa y con mayor diámetro, con hojas simples, alternas y deltoides.
- ✓ Los ecotipos saihua, presentan un crecimiento erecto de consistencia herbácea, anual, ramificaciones escasas de menor diámetro con hojas simples, alternas y deltoides.

IPGRI *et al.* (2005), indican que existe un tercer ecotipo que es la pampa lasta, que presenta tallos caídos o tendidos en los cuales solo sus extremos son erguidos.

3.3. Estudios realizados en germoplasma de cañahua

Quisbert (2003), con el propósito de seleccionar accesiones promisorias para el altiplano norte de Bolivia realizó investigaciones basados en la evaluación agronómica preliminar de 20 accesiones de cañahua para lo cual determinó que de los 20 materiales estudiados 7 accesiones corresponden al hábito de crecimiento saihua y 13 accesiones al hábito de crecimiento lasta. Las variables con más discriminación durante la investigación fueron: rango de emergencia de plántulas, inicio de floración, madurez fisiológica y altura de la planta.

3.4. Banco de germoplasma

Un banco de germoplasma es un banco de genes (semillas, cultivos, tubérculos y raíces reservantes), donde se guarda los recursos genéticos y una inmensa cantidad de información genética. Al preservar estos recursos genéticos se ayuda a proteger la biodiversidad, cuya pérdida reduciría conjuntos genéticos vegetales disponibles para los agricultores y científicos (Huaman, 1986). Para Esquinas (1983), un banco de germoplasma es un sitio físico de almacenamiento y mantenimiento de muestras de materiales recolectados, asegurando su disponibilidad para el futuro, ya que la variabilidad perdida es irrecuperable.

Al respecto, Lescano (1994), indica que un banco de germoplasma, es un conjunto de valores o especies, que contienen información sobre un determinado aspecto específico y que son almacenados en forma ordenada. En la actualidad, existen en varios países de la zona andina bancos de germoplasma de cultivos andinos donde se recolecta, conserva y evalúa la variabilidad genética.

3.5. Adquisición de germoplasma

El germoplasma de interés se puede obtener mediante la colecta, el intercambio o la donación. Se puede conseguir el material deseado sin recurrir a los sitios de origen, mediante donación o intercambio con instituciones que puedan tenerlo, si no es posible y hay que optar por la colecta, el material se buscará en sitios donde existen poblaciones de las especies de interés (Jaramillo y Baena, 2000).

Para Manrique (1989), el germoplasma es todo tejido vegetal vivo a partir del cual se puede obtener una nueva planta, con categorías como: variedades bajo cultivo,

variedades obsoletas, variedades locales, especies silvestres emparentadas con los cultivos a veces malezas y materiales genéticos especiales (mutantes, líneas avanzadas no comerciales de los programas de mejoramiento, poblaciones, etc.).

3.6. Multiplicación preliminar

Esta actividad consiste en el incremento inicial del germoplasma en condiciones óptimas de cultivo para garantizar muestras suficientes, viables manteniendo la identidad genética original. El material multiplicado permitirá almacenar, conservar y distribuir las especies objetivo estableciendo poblaciones representativas para caracterización y evaluación (Jaramillo y Baena, 2000).

3.7. Acciones

Una acción es una muestra de material vegetativo de un cultivar o semilla de una población de una especie mantenidos en el banco de genes para su conservación y utilización (Huamán *et al.*, 2004).

3.8. Caracterización y evaluación

Manrique (1989), indica que son características que permiten identificar individualmente, o agruparlas a todas aquellas colecciones que tienen características similares, o presenten características especiales, cuya responsabilidad de un centro de conservación de recursos genéticos es caracterizar y evaluar las colecciones. Para Valls (1992), la caracterización y evaluación son actividades prioritarias en el sistema de manejo del germoplasma. Sin embargo, para un mejor conocimiento y una eventual aplicación de estas tareas, es necesario definirlas adecuadamente y establecer algunas diferencias entre ellas.

Respecto a esta definición, Jaramillo y Baena (2000), consideran como actividades complementarias que consisten en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las acciones de una especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, viabilidad genética, relaciones entre ellas y localizar genes que estimulen su uso en la producción o en el mejoramiento de cultivos.

3.9. Caracterización

Jaramillo y Baena (2000), definen a la caracterización como la descripción sistemáticamente de las accesiones de una especie a partir de las características cualitativas como hábito de crecimiento, altura de planta y el color de las flores. Estas características son de alta heredabilidad y no varían con el medio ambiente. Por su parte, Querol (1988), propone que la caracterización es la toma de datos cualitativos y cuantitativos para describir y diferenciar entradas de una misma especie; los datos de caracterización se pueden agrupar de manera general en:

1. Caracteres de la planta: altura, forma, hábito de crecimiento y ramificación.
2. Caracteres de la hoja: forma, ancho, longitud, color, tipo de borde y nervaduras.
3. Caracteres de la flor: forma, color, tipo de cáliz.
4. Caracteres del fruto: forma, color, volumen y número de semillas por fruto.
5. Caracteres de la semilla: tamaño, color y forma.
6. Caracteres de las partes subterráneas: tamaño, forma y color.

Muchas de estas características parten de las claves taxonómicas utilizadas para diferenciar géneros y especies. En una primera fase se hace el estudio de todas las accesiones y posteriormente la caracterización permite conocer la variabilidad del género.

A su vez, Lescano (1994), sostiene que la caracterización es la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma, en términos de características morfológicas y fisiológicas con alta heredabilidad. Es decir, características cuya expresión es altamente independiente del medio ambiente y genéticamente determinadas. El objetivo de la caracterización es generalmente la clasificación de una colección con base en características preferiblemente relacionadas en alguna forma con la utilidad y el uso potencial del material.

3.10. 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. Las mismas autoras indican que la evaluación es una actividad complementaria a la caracterización y también se realiza sobre una población representativa de especies y mediante descriptores. A diferencia de la caracterización, donde las plantas se siembran una sola vez, para evaluar es necesario sembrar el germoplasma en diferentes ambientes y por varios años.

3.11. Evaluación preliminar

Al respecto, Lescano (1994), señala que la evaluación preliminar consiste en registrar un número limitado de características, consideradas importantes por aquellas que van a utilizar el germoplasma. La evaluación preliminar con fines de mejoramiento estará bajo la responsabilidad del programa de los bancos de germoplasma.

A su vez Rea (1985), propone que la evaluación preliminar es la descripción de la variación existente en una colección, en términos de atributos de importancia agronómica influenciados por el medio ambiente. Se expresa esencialmente en la adaptación a factores climáticos, edáficos, bióticos y de manejo en un lugar dado. Los objetivos de la evaluación preliminar son:

- La clasificación de una colección en base a características relacionadas con la utilidad y el uso potencial del material.
- La reducción de una colección grande a un número manejable de entradas.
- La selección de germoplasma promisorio.
- La multiplicación de semillas.

3.12. Componentes de la caracterización y evaluación

Jaramillo y Baena (2000), indican que la caracterización y la evaluación comprenden los siguientes componentes:

3.13. La población representativa de la especie

Esta debe representar la variabilidad genética total de la accesión o población de manera que permita observar y registrar las características que posee. El tamaño lo determinará el tipo de producción de la especie, en el caso de especies alógamas la población debe ser mayor. Se recomienda establecer poblaciones grandes para que la descripción sea confiable (Jaramillo y Baena, 2000).

3.14. Descriptores

Un descriptor es un carácter o atributo referente a la forma, estructura o comportamiento de un individuo. En términos prácticos un descriptor es un rasgo, cuya expresión es fácil de medirse, contarse o evaluarse. Los fitomejoradores tienden a usar descriptores de interés agronómico y de naturaleza poligénica; los botánicos tratan de tener descriptores que definan aspectos morfológicos, sin tomar en cuenta la regulación genética y los genetistas eligen caracteres cualitativos y monogénicos.

Al respecto, Rea (1985), sostiene que un descriptor es un carácter o atributo referente a la forma, estructura y comportamiento de un individuo. El autor indica más bien que un descriptor es un rasgo, cuya expresión es fácil de medirse, contarse o evaluarse. Tapia (1979), define a un descriptor como las características botánicas, que uniformiza los criterios de evaluación en los bancos de germoplasma.

3.15. Estados del descriptor

Existen distintas categorías de datos, según la expresión del descriptor que puede ser en forma cualitativa o cuantitativa. Si se expresa en forma cualitativa, se pueden generar datos binarios (también llamados de doble estado), datos con secuencia (ordinales) y datos sin secuencia (nominales). Si se expresa en forma cuantitativa, los datos generados pueden ser discontinuos (llamados también discretos) y continuos. Las siguientes sugerencias ayudan en el registro práctico de los datos (Hidalgo, 2003).

- Para los datos cualitativos de tipo binario
- Para los datos cualitativos o con secuencia
- Para los datos cuantitativos de tipo continuo

3.16. Análisis multivariado

Los métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples de cada individuo u objetos a investigación. Cualquier análisis simultáneo de más de dos variables puede ser considerado como un análisis multivalente. Sin embargo, todas las variables deben ser aleatorias y estar interrelacionadas de tal forma que sus diferentes efectos no puedan ser interpretados separadamente con algún sentido (Hair *et al.*, 1999).

Los mismos autores afirman, que el propósito del análisis multivariante es medir, explicar y predecir el grado de relación de los valores teóricos combinaciones ponderadas de variables).

A su vez, Hidalgo (2003), sostiene que la caracterización de recursos fitogenéticos se define, como un conjunto de métodos de análisis de datos que tratan gran número de mediciones sobre cada accesión del germoplasma. Más bien, es la descripción de las accesiones tomando en cuenta simultáneamente varias características, considerando la relación existente entre ellas. Los métodos multivariados se clasifican en dos grupos: (1) de dependencia, donde una variable o conjunto de variables es identificado como dependiente de otro conjunto conocido como independiente o predictor; y (2) los de interdependencia, o aquellos en que ninguna variable o grupo de variables es definido como independiente o dependiente, más bien, el procedimiento implica el análisis simultáneo de todo el conjunto de variables (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de métodos estadísticos de análisis multivariados

Métodos de dependencia (tipo de análisis)	Métodos de interdependencia (tipo de análisis)
Discriminante múltiple. Correlación canónica. Regresión múltiple. Multivariante de la varianza. Conjunto.	Componentes principales. Factorial. Conglomerados. Multidimensional. Correspondencia.

Fuente: Hidalgo (2003)

El Cuadro 2, muestra los métodos multivariados clasificados en dos grupos: Los métodos de dependencia con el tipo de análisis estadístico correspondiente a dicha clasificación,

contrariamente al método de interdependencia que es aplicado en el análisis de los datos de este trabajo (Hidalgo, 2003). Al respecto, Bramardi (2002), indica que para el caso del análisis de datos resultantes de la caracterización de recursos genéticos vegetales (colecciones de germoplasma), es representar geométricamente, cuantificar la asociación entre individuos y clasificarlos respecto a un conjunto de variables; las cuales pueden ser cuantitativas, cualitativas o la combinación de ambas. Teniendo en cuenta los objetivos que se desean alcanzar, el investigador clasifica los métodos multivariados en dos grupos. El primero se denomina de ordenación y permite arreglar y representar gráficamente el material en estudio en un número reducido de dimensiones. El segundo se denomina de clasificación y permite la búsqueda de grupos similares lo más homogéneos posible para clasificar los elementos en estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación de métodos multivariados

Métodos de ordenación	Métodos de clasificación
Análisis de componentes principales (ACP). Análisis canónico de poblaciones.	Análisis de clúster jerárquico.
Análisis de coordenadas principales.	Árboles aditivos.
Análisis factorial de correspondencias.	Método de Ward (1963).
Escalas multidimensionales.	Clasificación no-jerárquica.
	Árbol de mínima distancia.
	Otros métodos.

Fuente: Bramardi, 2002

El Cuadro 3, muestra la clasificación de los procedimientos multivariados donde la primera columna se denomina de ordenación y la segunda columna representa al método de clasificación que tiene la finalidad de identificar grupos con características similares y análogos.

3.17. Análisis de componentes principales (ACP)

Hair *et al.* (1999), mencionan que el análisis de componentes principales, es una técnica de aproximación estadística que se utiliza para analizar interpretaciones entre gran número de variables y explicar estas variables en términos de sus dimensiones subyacentes comunes (factores). El objetivo es condensar la información contenida en un

número de variables originales en un conjunto más pequeño de variables (factores) con una pérdida mínima de información.

Al respecto, Hidalgo (2003), indica que el ACP es una herramienta útil para analizar los datos que se generan de la caracterización y evaluación preliminar del germoplasma, y permite conocer la relación entre las variables cuantitativas y la semejanza entre las accesiones; en el primer caso, cuales variables están o no asociadas, y cuáles caracterizan en el mismo sentido o en el sentido contrario; en el segundo caso, como se distribuyen las accesiones, cuales se parecen y cuáles no. También permite seleccionar las variables cuantitativas más discriminatorias para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores.

Crisci y López (1983), citados por Camargo (2003), indican que su uso está consolidado para representar, según un modelo lineal, un conjunto numeroso de caracteres mediante un número reducido de variables hipotéticas, llamadas componentes principales. Estos componentes no están correlacionados entre sí, y, por lo tanto, se interpretan independientemente unos de otros. Involucra la obtención de los valores propios, de una matriz de correlación o de una matriz de varianza – covarianza, construida en función a la estandarización, representando la varianza de un determinado componente. En cuadrado de la contribución de un carácter, la sumatoria de las varianzas de todos los caracteres para un determinado componente recibe la denominación de valor propio. Los valores propios son diferentes para cada componente.

3.18. Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados o clúster es una técnica analítica para desarrollar subgrupos significativos de individuos u objetos. El objetivo es clasificar una muestra de entidades (individuos u objetos) en un número pequeño de grupos mutuamente excluyentes basados en similitudes entre las entidades (Hair *et al.*, 1999).

Para Rojas (2003), 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. Este 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. El mismo autor señala,

que el análisis de conglomerados debe aplicarse sobre una matriz de distancias y no sobre una de similitud. Para descriptores cualitativos, esta última debe ser transformada en una de distancia. Para datos cuantitativos, los programas de estadística actualmente disponibles calculan directamente los valores de la distancia según el método que se aplique. Básicamente los métodos de agrupamiento más usados en el análisis conglomerado son: (1) jerárquico, que forma grupos a varios niveles; (2) no jerárquico o de partición que también forma grupos a través de criterios predefinidos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diferencia entre los métodos de aglomeración

Método jerárquico	Método no-jerárquico
1. El agrupamiento parte de una matriz simétrica ($n \times n$). 2. Usa menor volumen de datos. 3. No da margen para la reasignación de los objetos a los grupos. 4. Usa dendrogramas. 5. Los datos son susceptibles a contener observaciones extrañas.	1. El agrupamiento parte de una matriz básica de datos ($n \times p$). 2. Usa mayor volumen de datos. 3. La asignación de un objeto a un grupo puede ser cambiada. 4. No usa dendrogramas. 5. Los datos son menos susceptibles a contener observaciones extrañas.

Fuente: Rojas, 2003

El Cuadro 4, muestra las diferencias entre los métodos de aglomeración, en principio el método jerárquico establece el número y los perfiles de los centros de conglomerados a diferencia del método de aglomeración no – jerárquico que cumple la función de asociar los objetos con los centros de conglomerados desde los resultados jerárquicos como los puntos de semillas iniciales.

El análisis de conglomerados, establece grupos de individuos siguiendo el criterio de unificar dentro de un mismo grupo a aquellos elementos de la muestra que tengan características similares, de forma tal que las observaciones pertenecientes a un grupo sean muy similares entre sí y muy disimilares al resto (Figueras, 2000).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

4.1.1. Ubicación Geográfica

El trabajo de investigación se realizó en el año agrícola 2021 – 2022 en los predios del Centro Experimental de Kallutaca, Carrera Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, se encuentra en la Comunidad Kallutaca, Municipio de Laja, Provincia Los Andes (Figura 3). Geográficamente se encuentra entre los paralelos 16°31'22" de Latitud Sur y los paralelos 68°18'29" de Longitud Oeste, a una altitud de 3903 m.s.n.m y una distancia de 15 km de la Ciudad de El Alto (Ceja).

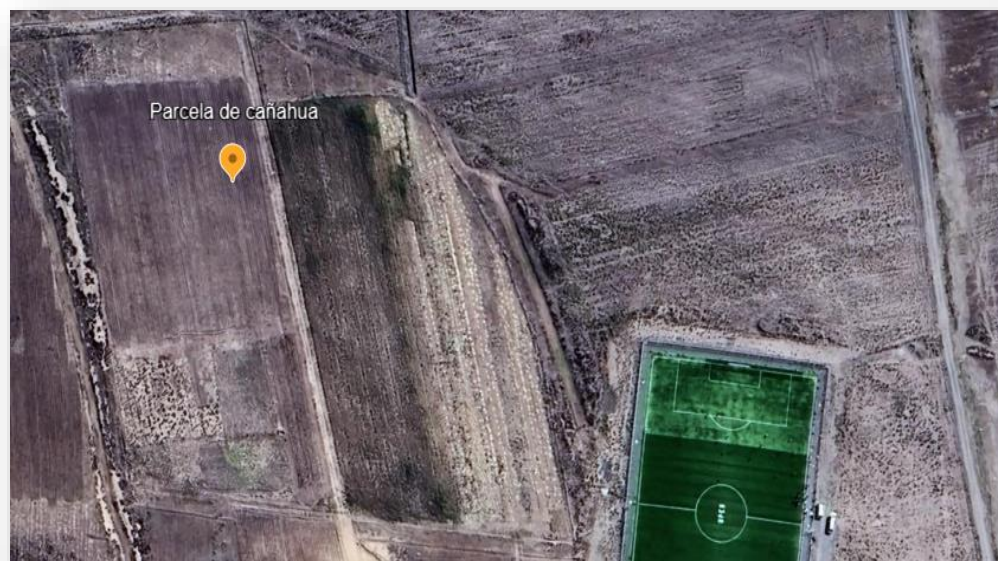


Figura 10. Mapa de ubicación Centro Experimental de Kallutaca (Google Earth, 2023)

4.2. Características del área de estudio

4.2.1. Clima

Yapu (2020), alude en su investigación que el clima en la Estación Experimental de Kallutaca se caracteriza por ser frío y seco, al existir una división entre época seca y época húmeda (lluvias) que abarca de 8 a 4 meses, respectivamente; la temperatura promedio es de 14 °C, una humedad relativa promedio de 35% y una precipitación pluvial de 600 a 650 mm/año.

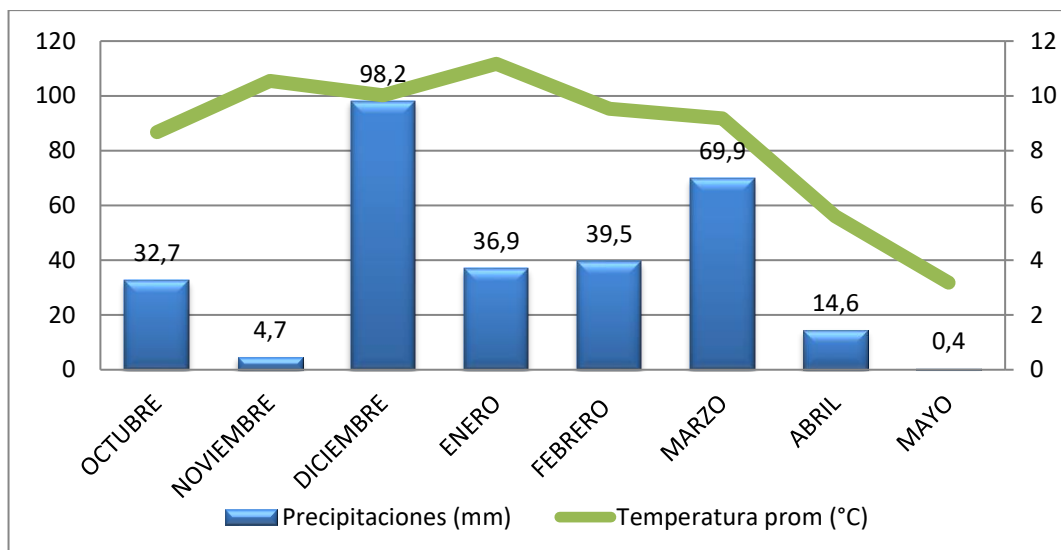


Figura 11. Precipitaciones y temperaturas promedio de la Estación Experimental de Kallutaca

4.2.2. Suelo

En la región de Kallutaca presenta suelos de formación fluvio-lacustre no inundable con características de bofedales, texturalmente con suelos franco arcillosos con perfiles de horizontes distinguidos. Con una pendiente mínima de 1%, casi a nivel, el drenaje superficial es lento debido a su textura y pendiente (Guarachi, 2011).

4.2.3. Vegetación

A través de un estudio realizado con la recolección de especies florísticas en la Estación Experimental de Kallutaca, se pudo evidenciar que está compuesta de Liliopsidas y Magnoliopsidas, 92 especies nativas de hierbas y sub arbustivas pertenecientes a 30 familias y 81 especies las cuales fueron identificadas, la familia más representativa con mayor número de especies corresponde a la clase Magnoliopsida, familia Asteráceae con 25 especies, seguido de la clase Liliopsida con 16 especies de la familia Poaceae.

4.3. Materiales

4.3.1. Material biológico

El material biológico utilizado en la presente investigación corresponde a 50 accesiones de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), que forman parte del Banco de

germoplasma del departamento de Cochabamba, que está a cargo del programa granos andinos del Centro de Investigación (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal) INIAF (Toralapa).

4.3.2. Material de campo

- Tractor agrícola
- Cinta métrica de 100 m
- Regla de 30 cm
- Marbetes
- Cámara fotográfica
- Chontilla
- Yutes
- Sobres manila

4.3.3. Material de laboratorio

- Balanza de precisión
- Vernier
- Tamizador

4.3.4. Material insumos agrícolas

- Fertilizantes orgánicos (biomax, vigor plus)

4.3.5. Material de gabinete

- Computadora (Laptop)
- Calculadora
- Libreta de campo
- Planillas de registro

4.4. Metodología

4.4.1. Ubicación y desarrollo experimental

A través de un convenio interinstitucional entre la Universidad Pública de El Alto (UPEA) y el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), se destinó un terreno para investigación en la Estación Experimental de Kallutaca.

4.4.2. Procedimiento experimental

El trabajo de investigación tuvo varias etapas principales como preparación del terreno, territorio de las parcelas experimentadas, siembra, labores culturales (aporque, desmalezado y control fitosanitario), tomas de datos, recolección de muestras, selección, almacenamiento y posteriormente a la tabulación de datos obtenidos durante la campaña agrícola del trabajo de investigación.

4.4.3. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó aproximadamente con un mes de anticipación (23 de septiembre de 2021), para la siembra. Labor que consistió en la roturación del terreno con un tractor agrícola con arado de disco, a una profundidad de 20 a 25 cm, con el objetivo de voltear y preparar el suelo para un mejor asentamiento y desarrollo de la semilla, además de exponer a la radiación solar algunas raíces de malezas y huevos de insectos que podrían ser perjudiciales para el óptimo desarrollo del cultivo. Posterior a ello se realizó la nivelación del terreno y el establecimiento de la cama se semillas y raíces del cultivo.

4.4.4. Delimitación del área experimental

Una vez preparado el terreno se procedió a la delimitación del área experimental con la ayuda de una cinta métrica de 50 m, cordeles y estacas. El área que se delimitó tuvo una dimensión de 17.5 x 39 m dando un total de 682.5 m², misma que se dividió en 5 bloques de 13 accesiones 2 x 1.5 m y pasillos de 1.5 m de ancho que separan de un bloque de otro. El cual permitió realizar la evaluación y caracterización agronómica y morfológica de cañahua.

4.4.5. Siembra

La siembra se llevó a cabo el 9 de octubre de 2021, en donde se usó accesiones provenientes del Departamento de Cochabamba del Centro de Investigación Toralapa, del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).

Se realizó la siembra en 3 surcos de 2 m de longitud espaciadas a 0.50 m. se trazó 5 bloques de 13 accesiones cada uno separados por pasillos de 1.5 m. una vez hecha la apertura de los surcos se aplicó fertilizante (fosfato di amónico), la proporción fue de 10 gramos por bloque, posteriormente se colocó las semillas en forma manual a chorro continuó para garantizar la emergencia de un número adecuado de plantas por accesión.

4.4.6. Marbeteado de plantas

Se procedió con esta actividad apenas los cultivares comenzaron a formar sus primeras ramas, seleccionando de manera aleatoria 5 plantas por cada unidad experimental, designando un número a cada planta a fin de realizar el seguimiento correspondiente, cuidando de las plantas marbeteadas no correspondan al área conocida como borde y cabecera de la unidad experimental.

4.4.7. Labores culturales

- ✓ **Desmalezado:** Se realizó la eliminación de malezas manual debido a las constantes lluvias presentes en los meses de diciembre y enero el desarrollo de plantas consideradas como malezas se hizo más notorio, por tal motivo se realizaron los deshierbes, esto para evitar la competencia entre el cultivo de cañahua y las plantas perjudiciales por nutrientes, agua y luz. Las malezas que se presentaron con mayor frecuencia durante el desarrollo del presente estudio fueron:
 - Mostacilla (*Brassica campestris*)
 - Bolsa de pastor (*Capsella bursapastoris*)
 - Reloj reloj (*Erodium cicutarium*)
 - Muni muni (*Biden sandicola*)

- ✓ **Raleo:** Esta labor garantizó la existencia de un numero adecuado de plantas por genotipo, dejando el espacio necesario entre las plantas para un buen desarrollo durante el ciclo fenológico.
- ✓ **Aporque:** Se realizó simultáneamente con el desmalezado, el primer aporque retirando suelo de entre los surcos y acercándolos a la línea de la siembra con el fin de proporcionar a las plantas un mejor anclaje y ayuda a dar una buena humedad al pie de las mismas, momento en que alcanzaron los 20-25 cm de altura.
- ✓ **Fertilización:** Se realizó una fertilización foliar debido a la falta de lluvias el 26 de enero. Se aplicó 38 mL de Vigorplus en 20 litros de agua. El 10 de febrero se realizó una fertilización con Biomax de 15 mL se aplicó en la parte foliar de la planta.

Cuadro 5. Dosificación para regulador de crecimiento de cañahua

PRODUCTO	DOSIS
Vigor Plus	38 mL en 20 litros de agua
BIOMAX	15 mL en 20 litros de agua

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Control fitosanitario:** Durante el desarrollo del presente cultivo no se observó el ataque de enfermedades ni plagas por lo que no fue necesaria la aplicación de ningún control químico.

4.4.8. Caracterización y evaluación

El registro de variables se hizo por separado basándose en la guía de descriptores. La evaluación de las variables fenológicas se efectuó sobre el total de las plantas de cada accesión, registrando los días transcurridos desde la siembra hasta que alcanzaron fases de desarrollo y crecimiento, sin embargo, la caracterización de variables morfológicas se efectuó en 5 plantas seleccionadas al azar de cada accesión, las mismas, que fueron identificados con marbetes correspondientes.

4.4.9. Cosecha

La cosecha de cada material genético se realizó conforme las plantas alcanzaran la madurez fisiológica, en fechas de 3 al 29 de abril 2022 de acuerdo al ciclo vegetativo de cada accesión. El corte en la cosecha se efectuó con la ayuda de una hoz y posteriormente mantenerlos en sobres de papel evitando de esta forma evitar pérdidas de grano y contaminación con tierra.

4.4.10. Trilla venteo

Luego de la cosecha se procedió con la trilla y venteado para separar el grano de la broza, ambas actividades se realizaron manualmente teniendo el cuidado de evitar mezclas mecánicas.

El trillado se realizó en forma manual e individual de cada material genético, en un lapso de 3 días (9 al 12 de mayo del 2022), se froto los granos para que se separen de la broza.

Finalmente, se efectuó el venteo manual con la ayuda de un pequeño bañador, eliminando así cualquier tipo de impurezas en el grano, para luego introducir las semillas en sobres manila de forma individual cada accesión y ser transportadas al laboratorio de la Estación Experimental Toralapa del INIAF, situado en Cochabamba.

4.5. Diseño experimental

Se usó un modelo de bloques aumentados y se hizo un análisis de varianza de acuerdo al modelo propuesto por Bargueño y Crossa (2000), y adicionalmente se analizó a través de un modelo espacial (Cadena *et al.*, 2000).

El modelo matemático utilizado para bloques aumentados fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + c + \beta_i + f_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Promedio de tratamiento i en el bloque j

μ = Media general del experimento

f_i = Efecto de tratamiento i ($i = 1,2,3$)

β_i = Efecto del bloque j ($j = 1,2,3$)

ε_{ij} = Error experimental asociado a parcela i del bloque j

c = Efecto del testigo

4.5.1. Croquis experimental

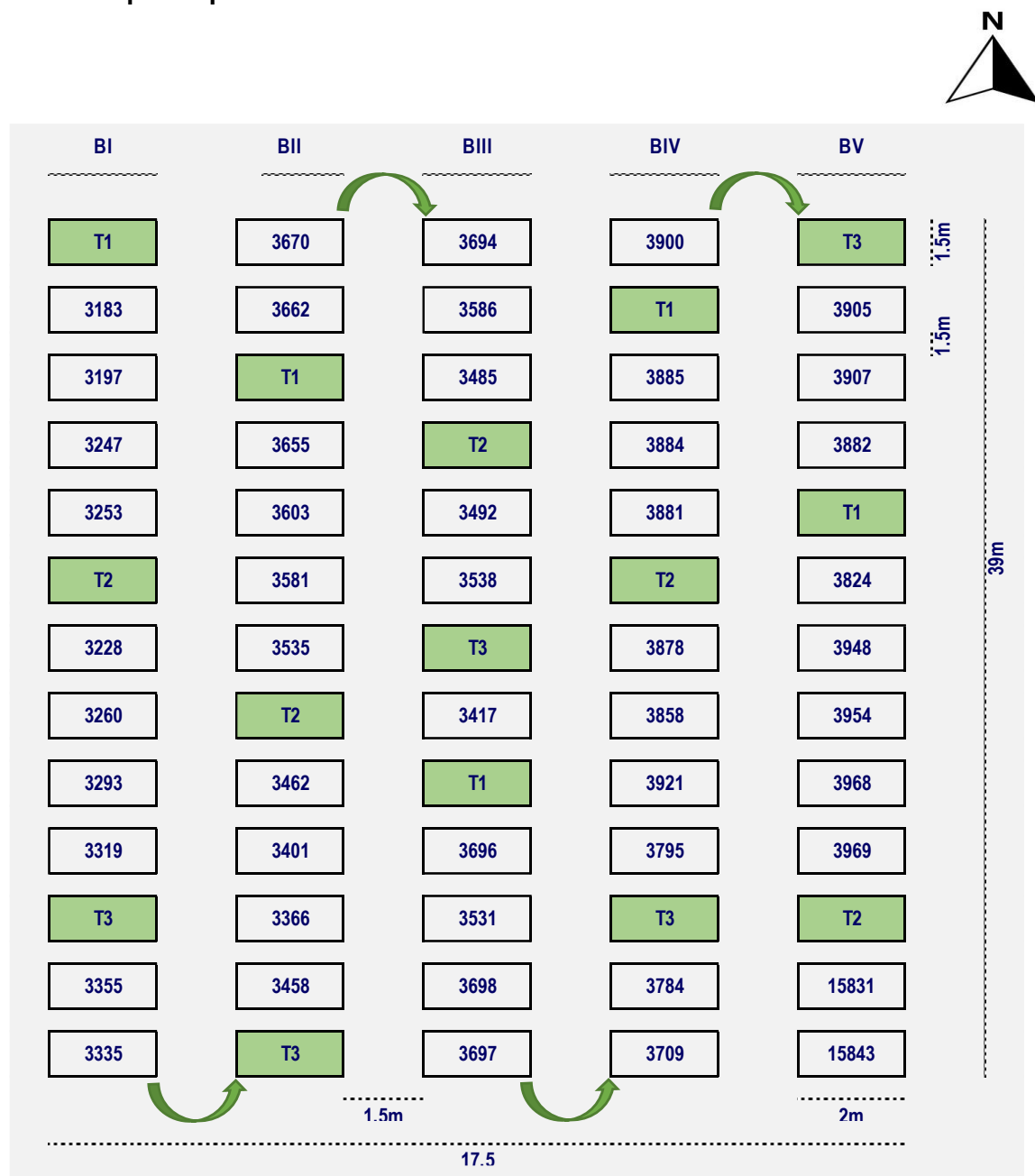


Figura 12. Representación del campo experimental de ensayo cañahua, Centro Experimental de Kallutaca

4.5.2. Dimensión del campo experimental

Unidad experimental de 3 surcos por 2 m

Distanciamiento entre surcos de 0.5 m

Longitud del pasillo entre bloques 1.5 m

Dimensiones de la parcela 39 m * 17.5 m

Número de bloques 5

4.6. Variables de la estructura

Para el presente estudio se consideraron 34 variables de caracterización y evaluación (20 cuantitativas y 14 cualitativas), con su respectiva codificación (Cuadro 6), incluyen variables fenológicas, morfológicas y aquellas relacionadas con el desarrollo productivo de la cañahua (factores bióticos y abióticos), las cuales están incluidas en la lista de los descriptores de la cañahua.

Cuadro 6. Detalle de variables caracterizadas y evaluadas en 50 accesiones de cañahua, Centro Experimental de Kallutaca

Descripción	ID	Atributos	código
Arquitectura	1	Hábito de crecimiento	AHC
	2	Altura de planta	AAP
Tallo	3	Presencia de estrías	TPE
	4	Color de estrías	TCE
	5	Diámetro de tallo central	DTC
Ramificación	6	Número de ramas primarias	RNRP
	7	Cobertura vegetativa	PDF
	8	Color de la planta a la madurez fisiológica	CPMF
Hoja	9	Forma de lámina foliar	HFLA
	10	Borde de lámina foliar	HBLA
	11	Longitud de peciolo	HLP
	12	Longitud máxima de lámina foliar	HLM
	13	Ancho máximo de lámina foliar	HAM
Grano	14	Grado de dehiscencia	GGD
	15	Color del perigonio	GCPE
	16	Color del pericarpio	GCP
	17	Forma del grano	GFG

	18	Borde del grano	GBG
	19	Diámetro del grano	GDG
	20	Peso de 1000 granos	GPEM
	21	Peso hectolítrico	GPH
	22	Rendimiento de grano por planta	GRG
	23	Índice de cosecha	GIC
Fenológicas	24	Vigor de emergencia	VEM
	25	Días a emergencia	FDE
	26	Días a ramificación	FDR
	27	Días a 50% de floración	F%F
	28	Días a grano lechoso	FGL
	29	Días a grano pastoso	FGP
	30	Días a la madurez fisiológica	FMF
Susceptibilidad	31	Susceptibilidad a estrés abiótico	SEA
	32	Susceptibilidad a estrés biótico	SBA
	33	Número de plantas	NPL
	34	Peso de broza	PB

4.6.1. Variables cuantitativas

El registro de la mayoría de las variables se realizó en 5 plantas tomadas al azar (evitando plantas de bordura), mientras que para el registro de variables fenológicas se consideró el estado fenológico del 50% de plantas por parcela. Para los análisis estadísticos se utilizó la media de los datos registrados de cada variable cuantitativa.

4.6.1.1. Días a la emergencia (FDE)

Se determinó a través de la observación directa. El número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas alcanzaron la emergencia.

4.6.1.2. Días a ramificación (FDR)

Una vez transcurrido el número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas en la parcela mostraron las primeras flores abiertas.

4.6.1.3. Días a 50% de floración (F%F)

Se evaluaron el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten una apertura de las flores en la rama principal y la duración de la floración por inflorescencia es de 9 a 14 días, siendo la apertura de la flor de 3 a 7 días.

4.6.1.4. Días a grano lechoso (FGL)

Se observó cuando el grano al ser presionado entre las uñas, el grano deja escapar un líquido lechoso, esta fase es la más susceptible a la incidencia de bajas temperaturas como heladas menores a 2°C.

4.6.1.5. Días a grano pastoso (FGP)

La determinación de estado de grano pastoso se realizó mediante observación directa, además, en esta etapa se realizó una prueba, que consistía en presionar el grano de las plantas de cañahua entre las uñas para ver que el grano no contenga líquido y fuera masosa o pastoso entonces el cultivo se encontraba en la fase del grano pastoso con más del 50% de las plantas de la unidad experimental, entonces se registraba el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fase fenológica de grano masoso o pastoso.

4.6.1.6. Días a madurez fisiológica (FMF)

La cuantificación del número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas acumulen un máximo de materia seca y máximo de tamaño de grano, por lo que se rompe la nutrición o traslado de los nutrientes hacia la semilla y se da cuando el 5% de los primeros granos inicien o estén por desgranarse.

4.6.1.7. Altura de la planta (AAP)

Esta variable se registró en centímetros con un flexómetro, midiendo desde el cuello de la raíz hasta la altura máxima alcanzada.

4.6.1.8. Cobertura vegetativa (CV)

Se midió en centímetros transversalmente de un extremo a otro de las ramas de las plantas utilizando una cinta métrica, cuando las plantas alcanzaron a la madurez fisiológica (medida en 5 plantas).

4.6.1.9. Diámetro de tallo central (DTC)

El diámetro del tallo central de las plantas se registró en milímetros, con la ayuda de un Vernier, en la parte media del tercio inferior de las plantas, cuando las plantas alcanzaron la fase de la madurez fisiológica (medida en 5 plantas).

4.6.1.10. Número de ramas primarias (RNRP)

Esta característica de registro, eligiendo una de las ramas principales y contando las ramificaciones presento desde la base hasta el segundo tercio de la planta durante la fase de la madurez fisiológica de las plantas (medida en 5 plantas).

4.6.1.11. Longitud máxima de lámina foliar (HLM)

Fueron medidos en milímetros del tercio medio de las plantas, con la ayuda de un Vernier y esto fue durante la fase de floración de las plantas, la medición fue realizada a partir del ápice hasta la base de la hoja o inicio del peciolo (medida en 5 plantas).

4.6.1.12. Ancho máximo de lámina foliar (HAM)

Se midió en milímetros de un extremo a otro, de las hojas recolectoras del tercio de las plantas, durante la fase de floración de las plantas (medida en 5 plantas), con la ayuda de un Vernier.

4.6.1.13. Longitud de peciolo (HLP)

Esta variable fue medida en centímetros, con una regla metálica de 10 cm, a partir de la base de la hoja hasta el final del peciolo en las hojas del tercio medio y durante la fase de floración de las plantas (medido en 5 plantas).

4.6.1.14. Peso hectolítrico (GPH)

Este peso hectolítrico de grano se evaluó en un recipiente de volumen conocido. Esta variable se determinó usando una balanza volumétrica en relación peso/volumen.

4.6.1.15. Diámetro de grano (GDG)

Una vez registrada esta variable se seleccionó al azar 5 granos de cada accesión de cañahua en estudio. Se tomó medida del diámetro de cada grano con un calibrador o Vernier digital sensible al 0,01 mm de precisión.

4.6.1.16. Índice de cosecha (IC)

El índice de cosecha se determinó tomando como la base la relación entre el peso seco del grano y el peso total de la planta (grano y broza), el trabajo consistió en pesar las 5 plantas seleccionadas y posteriormente realizar la trilla y el venteo del grano. Finalmente se pesó el grano de las plantas. Para el cálculo del índice de cosecha se utilizó la siguiente formulación adaptada por Mamani (1994).

$$IC = [(PG / (PB + PG)) * 100]$$

Donde: PG = Peso de grano.

PB = Peso de broza.

4.6.2. Variables cualitativas

Para una mejor evaluación de las accesiones de cañahua se tomaron en cuenta variables cualitativas, estas variables expresan una cualidad, atributo o característica, y no se expresan de forma numérica para su evaluación se les asignó un código de acuerdo a la lista de descriptores para cañahua.

4.6.2.1. Hábito de crecimiento (AHC)

La cañahua presenta tres hábitos de crecimiento, en las accesiones estudiadas se observaron los tres hábitos.

El hábito Saihua tiene la apariencia de ser más erecta y ramificaciones escasas con menor diámetro de cobertura foliar. El hábito Lasta, por su parte presenta numerosas ramificaciones que nacen desde el cuello de la planta con mayor diámetro de follaje y finalmente se denomina de hábito Pampalasta o postrada cuando sus tallos se presentan caídos o tendidos en los cuales solo sus extremos son erguidos (IPGRI, PROINPA e IFAD, 2005).

Esta variable se caracteriza de acuerdo a la siguiente codificación:

1. Saihua
2. Lasta
3. Pampalasta

4.6.2.2. Grado de dehiscencia (GGD)

Esta característica consiste en la persistencia del grano en la planta durante la fase de madurez fisiológica, se registró este atributo considerando la siguiente codificación:

1. Ligera
2. Regular
3. Persistente

4.6.2.3. Presencia de estrías (TPE)

En las plantas se registró esta característica utilizando el descriptor de cañahua. Se realizó observaciones en ramas primarias y secundarias durante la fase de floración de las plantas. Se consideró la siguiente codificación:

1. Presente
2. Ausente

4.6.2.4. Color de estrías (TCE)

Se registró esta característica utilizando el descriptor de cañahua. Trabajo que consistió en la observación de las ramas primarias y secundarias de las plantas y considerando la siguiente codificación:

1. Verde
2. Verde amarillo
3. Amarillo
4. Rojo amarillo
5. Rojo

4.6.2.5. Formas de lámina foliar (HFLA)

Durante la fase de floración de las plantas se registró esta característica en las hojas del tercio medio de las plantas y considerando la siguiente codificación:

1. Romboidal
2. Triangular
3. Ancha ovada

4.6.2.6. Borde de lámina foliar (HBLA)

Se registró esta característica durante la fase de floración de las plantas, en las hojas del tercio medio de las plantas, considerando la siguiente codificación:

1. Entero (dientes ausentes)
2. Dentado (dientes presentes)

4.6.2.7. Vigor de emergencia (VEM)

Esta característica es la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla durante la germinación y la emergencia de las plántulas. La observación se realizó durante la emergencia de las plantas y considerando la siguiente codificación:

1. Malo
2. Regular
3. Bueno

4.6.3. Variables de grano

4.6.3.1. Peso de 1000 granos (GPEM)

Al contabilizar el grano de 1000 granos se pesó en una balanza analítica de presión con capacidad menor a 500 g x 0,001 g, se puede tener el peso de 1000 semillas en gamos registrando de cada accesión.

4.6.3.2. Rendimiento de grano por planta (GRG)

Esta característica se registró con el pesaje de los granos de las plantas en gramos y corresponde al rendimiento promedio de 5 plantas por accesión.

4.6.3.3. Color de pericarpio (GCP)

Esta característica se registró utilizando el descriptor de cañahua durante la fase de madurez fisiológica de las plantas, Las observaciones se realizó en el pericarpio de las semillas de cada accesión. Codificación basada en la tabla de colores Munsell (Muñoz *et al.*, 2003).

1. Crema suave
2. Pajizo
3. Anaranjado
4. Café claro
5. Café rojizo

4.6.3.4. Forma de grano (GFG)

La forma de grano, se registró con un estereoscopio según las formas que se muestran en la lista de descriptores para cañahua, la codificación para esta variable fue según los siguientes códigos.

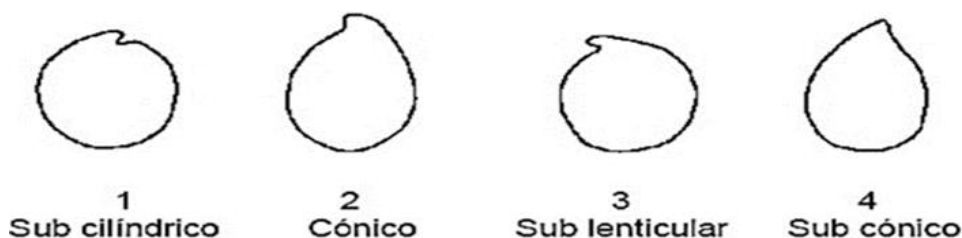


Figura 13. Forma de grano

4.6.3.5. Borde de grano (BG)

Para esta variable se observó la semilla con la ayuda de un estereoscopio, se codificó de la siguiente manera:

1. Afilado
2. Redondeado

4.6.3.6. Color de tallo a la madurez fisiológica (TCO)

En la fase de madurez fisiológica de las plantas se registró esta característica utilizando el descriptor de cañahua considerando la siguiente codificación. Tabla de colores Munsell (Muñoz *et al.*, 2003).

1. Amarillo claro
2. Crema suave
3. Crema oscura
4. Pajizo
5. Rosado claro
6. Rosado
7. Anaranjado
8. Café rojizo

4.6.3.7. Color de planta a la madurez fisiológica (CPMF)

Esta observación se realizó cuando las plantas llegaron a la fase de madurez fisiológica, considerando que es la etapa donde se manifiesta las diferencias en el color de las plantas. Codificación basada en la tabla de colores Munsell (Muñoz *et al.*, 2003).

1. Amarillo claro
2. Verde claro
3. Verde oscuro
4. Anaranjado
5. Rojo
6. Púrpura
7. Morado

4.6.3.8. Color de perigonio (CP)

Esta característica se registró utilizando el descriptor de cañahua durante la fase de madurez fisiológica de las plantas, Las observaciones se realizó en el perigonio de las semillas de cada accesión. Codificación basada en la tabla de colores Munsell (Muñoz *et al.*, 2003).

1. Amarillo claro
2. Amarillo
3. Crema suave
4. Crema oscura
5. Pajizo
6. Canela
7. Rosado claro
8. Anaranjado
9. Café claro
10. Café rojizo
11. Púrpura
12. Gris

4.6.4. Análisis estadístico

Con la información obtenida de la evaluación preliminar y caracterización de las 120 accesiones de germoplasma de cañahua, se procedió a diferenciar el comportamiento de las variables y los grupos de las accesiones del germoplasma de cañahua respecto a cada descriptor, el mismo presenta los siguientes pasos: 1) Análisis estadístico descriptivo; 2) Análisis del coeficiente de Pearson; 3) Análisis de componentes principales; 4) Análisis de conglomerados; 5) Análisis descriptivo de las variables cualitativas que caracterizan a los conglomerados.

4.6.4.1. Análisis estadístico descriptivo

Se describió el comportamiento de las diferentes accesiones con relación a cada carácter cuantitativo y cualitativo, considerando el análisis de tendencia central y dispersión. Para los atributos cualitativos se empleó inicialmente la moda, seguidamente se calificaron de acuerdo con las escalas para la evaluación, mientras, para los atributos cuantitativos se utilizó la media aritmética, desviación estándar y el coeficiente de variación (Steel y Torrie, 1988).

4.6.4.2. Análisis de componentes principales

Se empleó este análisis para determinar las variables relevantes que expliquen la mayor información de la variabilidad contenida en el conjunto original de datos, considerado como un paso previo al análisis de conglomerados.

Este método consiste en transformar un conjunto de variables originales a un nuevo conjunto de componentes o factores. Cada componente principal explica una proporción de la variabilidad total, donde el primer componente es aquel en el que mejor se proyecta la variabilidad de la muestra. En este sentido, el segundo mejor es el segundo, y así sucesivamente hasta el último componente principal.

4.6.4.3. Análisis de conglomerados

Este análisis se realizó como una etapa posterior al análisis de componentes principales sobre tres componentes generados; la interpretación de los resultados se realizó sobre los grupos de accesiones de similitud y disimilitud de sus características cuantitativas que forma el análisis de conglomerados.

Para el presente estudio se utilizó la técnica de conglomerados jerárquicos, que consiste en una estructura en forma de árbol, donde cada observación empieza dentro de su propio conglomerado. En etapas posteriores, los dos conglomerados más cercanos (o individuos) se combinan en un nuevo conglomerado agregado, reduciendo así el número de conglomerados paso a paso. Durante la formación del árbol o dendrograma se utilizó el coeficiente de distancia euclídea al cuadrado y el algoritmo de Ward que sintetiza la presencia de un número elevado de accesiones y variables (Ferrán, 2001).

4.6.4.4. Análisis descriptivo de las variables cualitativas que se caracterizan a los conglomerados

Se empleó el análisis descriptivo para las variables cualitativas categóricas (medidas de nivel nominal u ordinal), que caracterizan a los grupos conformados en el análisis de conglomerados. Este análisis es utilizado en la construcción de tablas de cruce de variables cualitativas con categorías ordenadas donde se obtiene un reporte de cuadro de frecuencias para cada grupo. La presentación de los resultados indica los atributos, frecuencias y una descripción útil que caracterizan a cada grupo (Ferrán, 2001).

En el Cuadro 7, refleja la especificación global de los parámetros estadísticos estimados por cada característica cuantitativa y se analizan los valores estadísticos más importantes como la media, desviación estándar y el coeficiente de variación que es utilizado como base así para explicar el comportamiento individual de cada variable respecto a las diferentes accesiones de cañahua.

5.1.1. Variables cuantitativas

Para el análisis y la interpretación de los resultados se basan en 50 accesiones de cañahua, 20 variables son cuantitativas y 15 variables cualitativas, información en la que se ha evaluado y estructurado una matriz de datos y se procedió a los análisis: descriptivo, varianza, conglomerados y el análisis estadístico para cada grupo.

5.1.1.1. Días a la emergencia

Como se observa en el Cuadro 8, existen diferencias altamente significativas del testigo y testigo vs accesiones sobre el tiempo de emergencia de todas las cañahuas en estudio y un similar número de días promedio a la emergencia en las accesiones, donde el testigo vs accesiones y el testigo parece tener un efecto positivo en presentar diferencias altamente significativas sobre el tiempo que tardan las plantas de cañahua en emerger.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el número de días a la emergencia

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	1,600	0,400	1,000	0,46091	NS
Testigo	2	46,800	23,400	58,5000	0,00001687	***
Accesiones	49	82,500	1,684	4,2092	0,01828	*
Testigo vs Accesiones	1	41,654	41,654	104,1346	0,00007295	***
Error experimental	8	3,200	0,400			

NS = No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

Esto se pudo deber a accesiones de cañahua y las semillas del testigo tienen el mismo poder germinativo gracias a los nutrientes de reserva y que por eso no necesitan de los nutrientes del suelo para germinar ni para emerger.

El coeficiente de variación tiene un valor de 3.3%, el cual está dentro de rango aceptable de 30% para trabajos de campo.

Cuadro 9. Accesiones con promedios de días a la emergencia

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (días)	Accesiones	Media (días)	Accesiones	Media (días)
T2	23	3696	23	3698	23
3458	21	T1	21	3355	21
T3	21	3921	18	3366	21
3183	18	3603	18	3586	21
3253	18	3795	18	15831	21
3535	18	3968	18	3858	18
3655	18	3197	18		
3492	18	3247	18		
3538	18	3228	18		
3531	18	3260	18		
3784	18	3319	18		
3878	18	3401	18		
3881	18	3694	18		
3885	18	3417	18		
3882	18	3709	18		
3948	18	3884	18		
15843	18	3900	18		
		3824	18		
		3954	18		
		3293	18		
		3335	18		
		3462	18		
		3581	18		
		3662	18		
		3670	18		
		3485	18		
		3697	18		
		3907	18		
		3969	18		
		3905	18		

El tiempo promedio registrado desde la siembra en las parcelas hasta la emergencia de plantas fue de 18.93 días, con una mínima de 18 días y una máxima de 23 días. Las accesiones que emergieron en 18 días fueron: 3969, 3968, 3954, 3948, 3907, 3905, 3882, 3824, 3670, 3662, 3655, 3603, 3581, 3535, 3462, 3401, 3335, 3319, 3293, 3260, 3253, 3247, 3228, 3197, 3183 y 15843 procedentes de Cochabamba (Toralapa INIAF).

El coeficiente de variación de 3.3% y el desvío estándar 1.66, las accesiones con 23 días de emergencia son: 3355, 3698, 3696, 3586, 15831 de Cochabamba (Toralapa INIAF), T1 de Municipio de Laja (Estación Experimental de Kallutaca), y T2 de Cochabamba (Variedad Illimani), como se ve en el Cuadro 9.

5.1.1.2. Días a ramificación

En esta fase las plantas de la cañahua empiezan la etapa de la ramificación como se muestra en el Cuadro 7, el tiempo promedio en el que se registró esta variable fue de 28.87 días, con un desvío estándar de 1.54, con un mínimo de 28 días, y un máximo de 33 días.

El Cuadro 10, muestra que, entre testigo, testigo vs Accesiones, se determinó que existe diferencia altamente significativa, por lo tanto, se puede decir que estadísticamente el suelo tuvo efecto directo en los resultados del ensayo y que las accesiones contribuyeron en la presión para detectar las diferencias.

Cuadro 10. Accesiones con promedios de días a la emergencia

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	1,067	0,2667	1,0000	0,460905	NS
Testigo	2	34,533	17,2667	64,7500	0,00001146	***
Accesiones	49	82,500	1,6837	6,3138	0,004768	**
Testigo vs Accesiones	1	30,782	30,7821	115,4327	0,00004955	***
Error experimental	8	2,133	0,2667			

NS = No significativo * = Significativo ** = Altamente significativo

En la etapa de número de días a ramificación vemos que hay diferencia significativa en las accesiones por lo tanto el cultivo de cañahua en estudio tuvo un número de días similares en promedio hasta esta etapa, esto se debe que las precipitaciones durante esta fase no fue la adecuada y tampoco fue contraste por lo observado en campo.

Los días a ramificación, muestra un coeficiente de variación de 1.8%, lo que indica una baja variabilidad en el número de días a ramificación. Esto significa que las plantas de cañahua en el experimento son bastante uniformes del momento en que comienzan a ramificarse.

Cuadro 11. Accesiones con promedios para el número de días a la ramificación

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (días)	Accesiones	Media (días)	Accesiones	Media (días)
T2	33	3696	33	3698	33
3458	31	T1	31	3355	31
T3	31	3921	28	3366	31
3183	28	3603	28	3586	31
3253	28	3795	28	15831	31
3535	28	3968	28	3858	28
3655	28	3197	28		
3492	28	3247	28		
3538	28	3228	28		
3531	28	3260	28		
3784	28	3319	28		
3878	28	3401	28		
3881	28	3694	28		
3885	28	3417	28		
3882	28	3709	28		
3948	28	3884	28		
15843	28	3900	28		
		3824	28		
		3954	28		
		3293	28		
		3335	28		
		3462	28		
		3581	28		
		3662	28		
		3670	28		
		3485	28		
		3697	28		
		3907	28		
		3969	28		
		3905	28		

La prueba de medias se observa en el Cuadro 11, las accesiones que iniciaron la ramificación en menor tiempo fueron: 3969, 3968, 3954, 3948, 3907, 3905, 3882, 3824 y 15843 de Cochabamba (Toralapa INIAF); sin embargo, las accesiones que tardaron en iniciar la ramificación corresponden a T1 y T3 de Municipio de Laja (Estación

Experimental de Kallutaca), T2 de Cochabamba (Variedad Illimani), 3586, 3458, 3366, 3355, 3698, 3696 procedentes de Cochabamba (Toralapa INIAF).

Al respecto Arteaga (1996), reporta rangos de variación para la ramificación de 32.00 a 70.00 días para las accesiones precoces y tardía respectivamente. Mientras, Rojas *et al.* (2002), reporta rangos de variación de 61 a 85 días después de la siembra.

5.1.1.3. Días a 50 % floración

Los días a floración se caracteriza por la presencia de flores en actividad sin interrumpir la continuidad del proceso reproductivo. Se considera que la planta se encuentra en esta fase cuando el 50% de las plantas presentan sus flores abiertas. El tiempo promedio para esta característica fue de 75.90 días, con un desvío estándar de 1.60, con un mínimo de 74 días, y un máximo de 80 días y un coeficiente de variación de 0.8%, véase en el Cuadro 7.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el número de días a 50% de floración

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	1,600	0,400	1,000	0,46091	NS
Testigo	2	40,133	20,067	50,1667	0,00002974	***
Accesiones	49	82,500	36,013	4,2092	0,01828	*
Testigo vs Accesiones	1	36,013	36,013	90,0321	0,00001254	***
Error experimental	8	3,200	0,400			

NS = No significativo * = Significativo ** = Altamente significativo

Analizando el Cuadro 12, para el número de días a 50% de floración, se observa diferencias altamente significativas entre testigo y testigo vs accesiones, la cual se puede ver con mayor precisión la variabilidad entre los dos factores, y hay diferencias significativas entre accesiones lo que nos indica que las accesiones tuvieron diferentes promedios de días hasta la fase de 50% de floración, existiendo accesiones precoces y tardías en el cultivo de cañahua.

El coeficiente de variación tiene un valor de 0.8%, lo que indica una extremadamente baja variabilidad en número de días a 50% de floración en el cultivo de cañahua. Esto significa que las plantas de cañahua en el experimento son excepcionalmente uniformes en cuanto al momento en que la mitad de la población alcanza la floración.

Cuadro 13. Accesiones con promedios para el número de días a 50% de floración

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (días)	Accesiones	Media (días)	Accesiones	Media (días)
T2	80	3696	80	3698	80
3458	78	T1	78	3355	78
T3	78	3921	75	3366	78
3183	75	3603	75	3586	78
3253	75	3795	75	15831	78
3535	75	3968	75	3858	75
3655	75	3197	75		
3492	75	3247	75		
3538	75	3228	75		
3531	75	3260	75		
3784	75	3319	75		
3878	75	3401	75		
3881	75	3694	75		
3885	75	3417	75		
3882	75	3709	75		
3948	75	3884	75		
15843	75	3900	75		
		3824	75		
		3954	75		
		3293	75		
		3335	75		
		3462	75		
		3581	75		
		3662	75		
		3670	75		
		3485	75		
		3697	75		
		3907	75		
		3969	75		
		3905	75		

Las accesiones con un mínimo de días en alcanzar el 50 % de floración de 75 días, fueron 3969, 3968, 3954, 3948, 3907, 3905, 3882, 3824, 3335, 3319, 3293, 3260, 3253, 3247, 3228, 3197, 3183, 15843 de Cochabamba (Toralapa INIAF), por el contrario, las accesiones que mayor tardaron corresponden a; 3355, 3458, 3366, 3586, 3696, 3698,

15831 procedentes de Cochabamba (Toralapa INIAF) y T2 de Cochabamba (Variedad Illimani), como se muestra en el Cuadro 13.

Según Coarite (2014), reporta que la floración en cañahuas tipo Lasta, en su investigación en diferentes épocas de siembra el promedio fue de 85 a 87 días a la floración, al igual que Aro (2015), obtuvo resultados en el mismo tipo de investigación de 102 a 103 días hasta la etapa de floración, lo que en esta investigación se reportó de 67 a 74 días para las cañahuas mutantes siendo mucho más precoces por ser cañahuas mejoradas por la radiación inducida y la Lasta Rosada con 81 días estando en el parámetro normal para cañahuas tipo Lasta.

5.1.1.4. Días a grano lechoso

Para esta fase de días a grano lechoso en el Cuadro 7, se muestra los datos para esta variable donde se tiene un promedio de 87.6 días, con un coeficiente de variación 2.5 %, con un mínimo de 86 días y un máximo de 90 días.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el número de días a grano lechoso

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	6,400	1,6000	0,3333	0,8482	NS
Testigo	2	14,933	7,4667	1,5556	0,2687	NS
Accesiones	49	188,480	3,8465	0,8014	0,6056	NS
Testigo vs Accesiones	1	1,387	1,3867	0,2889	0,6056	NS
Error experimental	8	38,400	4,8000			

NS = No significativo

En el Cuadro 14, demuestra que los datos u observaciones tomados en campo para esta variable son confiables, por el contrario, no se encuentran diferencias significativas entre el testigo, accesiones y testigo vs accesiones, significa que no hay evidencia suficiente para concluir que los tratamientos o factores tiene un efecto diferente en el tiempo que tardan las plantas de cañahua en alcanzar el estado de grano lechoso, esto revela que el promedio de días a la fase de floración son diferentes y se deduce que hay cañahuas tempraneras o precoces como tardías.

Cuadro 15. Accesiones con promedios para el número de días a grano lechoso

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (días)	Accesiones	Media (días)	Accesiones	Media (días)
T2	90	3696	90	3366	90
T3	90	T1	90	3586	90
3535	90	3921	90	15831	90
3531	90	3603	90	3858	90
3784	90	3694	90	3355	86
3878	90	3417	90	3698	86
3881	90	3709	90		
3885	90	3884	90		
3948	90	3900	90		
3458	86	3954	90		
3183	86	3662	90		
3253	86	3670	90		
3655	86	3485	90		
3492	86	3697	90		
3538	86	3969	90		
3882	86	3795	86		
15843	86	3968	86		
		3197	86		
		3247	86		
		3228	86		
		3260	86		
		3319	86		
		3401	86		
		3824	86		
		3293	86		
		3335	86		
		3462	86		
		3581	86		
		3907	86		
		3905	86		

En el Cuadro 15 se observa las accesiones que presentaron un valor mínimo en los días a grano lechoso fueron las accesiones 3795, 3698, 3694, 3586, 3538, 3492 y 3485 de Cochabamba (Toralapa INIAF), y las accesiones más tardías fueron 3969, 3954, 3948, 3535, 3366 y 15831 de Cochabamba (Toralapa INIAF), T1 y T3 de Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca) y T2 de Cochabamba (Variedad Illimani).

5.1.1.5. Días a grano pastoso

Esta característica de días a grano pastoso implica determinar cuando los granos de cañahua han alcanzado este estado de madurez, lo que es importante para decidir el momento óptimo de la cosecha. Para fase se muestra los datos en el Cuadro 7, donde se tiene un promedio de 106.6 días, con una mínima de 105 días, y una máxima de 109 días.

Cuadro 16. Análisis de varianza para el número de días a grano pastoso

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	6,400	1,6000	0,3333	0,8482	NS
Testigo	2	14,933	7,4667	1,5556	0,2687	NS
Accesiones	49	188,480	3,8465	0,8014	0,7076	NS
Testigo vs Accesiones	1	1,387	1,3867	0,2889	0,6056	NS
Error experimental	8	38,400	4,8000			

NS = No significativo

En el Cuadro 16, del análisis de varianza para el número de días a la fase de grano pastoso muestra un 2.1 % de coeficiente de variación, lo cual muestra la confiabilidad de los datos.

Analizando el Cuadro 16, las diferencias no son significativas entre testigo, accesiones y testigo vs accesiones de cañahua, se deduce que las plantas de cañahua pueden tener una variabilidad natural en su desarrollo. Por el contrario, se debe a las condiciones ambientales la cual pueden tener un mayor impacto en el desarrollo en el cultivo de cañahua.

Cuadro 17. Accesiones con promedios para el número de días a grano pastoso

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (días)	Accesiones	Media (días)	Accesiones	Media (días)
T2	109	3696	109	3366	109
T3	109	T1	109	3586	109
3535	109	3921	109	15831	109
3531	109	3603	109	3858	109
3784	109	3694	109	3355	105
3878	109	3417	109	3698	105
3881	109	3709	109		
3885	109	3884	109		
3948	109	3900	109		

3458	105	3954	109
3183	105	3662	109
3253	105	3670	109
3655	105	3485	109
3492	105	3697	109
3538	105	3969	109
3882	105	3795	105
15843	105	3968	105
		3197	105
		3247	105
		3228	105
		3260	105
		3319	105
		3401	105
		3824	105
		3293	105
		3335	105
		3462	105
		3581	105
		3907	105
		3905	105

De acuerdo al Cuadro 17, se muestran las accesiones que alcanzaron más temprano los días a grano pastoso fueron las accesiones 3795, 3698, 3694, 3586, 3538, 3492 y 3485 de Cochabamba (Toralapa INIAF), y las más tardías fueron 3969, 3954, 3948, 3535, 3366 y 15831 de Cochabamba (Toralapa INIAF), T1 y T3 de Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca) y T2 de Cochabamba (Variedad Illimani).

Esto nos indica que en las accesiones el grano madura antes que, en el testigo, que se vio también en la anterior fase de grano lechoso como se ve claramente en esta fase.

5.1.1.6. Días a la madurez fisiológica

La fase de madurez fisiológica se caracteriza por presentar granos que acumulan un máximo de materia seca, se presenta cuando 5% de los primeros granos estén por desgranarse. Esta planta es muy susceptible al desgrane y llegaría a desgranarse hasta un 50% si la cosecha no es practicada oportunamente. En el Cuadro 7, muestra un promedio de 136 días, desvió estándar de 4.53, las accesiones más precoces alcanzaron la madurez en 132 días y los más tardíos en 141 días.

Cuadro 18. Análisis de varianza para el número de días a la madurez fisiológica

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloque	4	32,40	8,100	0,3333	0,8482	NS
Tratamiento	2	75,60	37,800	1,5556	0,2687	NS
Testigo	49	1012,50	20,663	0,8503	0,6675	NS
Testigo vs aumentado	1	1,04	1,038	0,0427	0,8414	NS
Error	8	194,4	24,30			

NS = No significativo

En el Cuadro 18, del análisis de varianza para los días a la madurez fisiológica, reporta diferencias no significativas entre los factores en el tiempo que tardan las plantas de cañahua en alcanzar la madurez fisiológica. Esto se debe a los factores ambientales como la precipitación donde la cañahua requiere una cantidad adecuada para su ciclo de crecimiento.

Los datos fueron tomados correctamente y son confiables que se corrobora con el coeficiente de variación que es igual a 3.6 %.

Cuadro 19. Acciones con promedios para el número de días a la madurez fisiológica

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Acciones	Media (días)	Acciones	Media (días)	Acciones	Media (días)
T2	141	3696	141	3366	141
T3	141	T1	141	3586	141
3535	141	3921	141	15831	141
3531	141	3603	141	3858	141
3784	141	3694	141	3355	132
3878	141	3417	141	3698	132
3881	141	3709	141		
3885	141	3884	141		
3948	141	3900	141		
3458	132	3954	141		
3183	132	3662	141		
3253	132	3670	141		
3655	132	3485	141		
3492	132	3697	141		
3538	132	3969	141		
3882	132	3795	132		
15843	132	3968	132		

3197	132
3247	132
3228	132
3260	132
3319	132
3401	132
3824	132
3293	132
3335	132
3462	132
3581	132
3907	132
3905	132

Las accesiones más precoces que alcanzaron la madurez fisiológica fueron: 3795, 3698, 3538, 3492, 3293, 3228, 3183, 3262, 3581, 3404, 3485, 3709, 3795, 3884, 3907, 3824 y 15843 de Cochabamba (Toralapa INIAF), y las más tardías fueron 3969, 3954, 3948, 3670, 3603, 3535, 3366 y 15831 de Cochabamba (Toralapa INIAF), T2 de Cochabamba (variedad Illimani) y T1 – T3 de Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca), la cual se observa en el Cuadro 19.

En caso de las accesiones precoces presentan características genotípicas propias para sobrevivir y escapar a las condiciones climáticas del altiplano. Ocurre lo contrario en aquellas accesiones tardías, donde por las características que tienen cada material y las condiciones agroclimáticas de la zona probablemente intervienen sobre las características de crecimiento y retardando de esta manera la fase de la madurez fisiológica de las plantas.

Estos resultados obtenidos, están en el rango que obtuvo Quisbert (2000), en el altiplano norte de Bolivia que reportó rangos de variación para accesiones precoces de 133.00 días y para accesiones tardías de 156.00 días. Mientras, Calle (1980), reportó en el altiplano central de Bolivia valores para la madurez fisiológica de 160.00 días para accesiones precoces y 170.00 días para accesiones tardías. Por su parte Arteaga (1996), reporta valores de madurez fisiológica de 101.00 a 141.00 días, y Mamani (1994), reporta valores para la madurez fisiológica en las variedades saihuas de 150.00 a 165.00 días y en las variedades lastas de 140.00 a 155.00 días después de la siembra.

5.1.1.7. Longitud máxima de lámina foliar

Para esta fase de longitud de lámina foliar, puede variar dependiendo a varios factores, como la variedad de cañahua, las condiciones de crecimiento y la etapa de desarrollo de la planta. Donde en el Cuadro 7, se muestra una mínima de 22.40 mm para aquellas laminas pequeñas y de 43.60 mm para laminas más grandes, registrándose como tamaño promedio de 32.61 mm, y un desvío estándar de 4.08.

Cuadro 20. Análisis de varianza para longitud máxima de lámina foliar

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	64,59	16,1465	0,7435	0,5886	NS
Testigos	2	39,56	19,7822	0,9109	0,4402	NS
Accesiones	49	781.68	15,9528	0,7345	0,7345	NS
Testigo vs Accesiones	1	3,97	3,9713	0,1829	0,6802	NS
Error experimental	8	173,74	21,7180			

NS = No significativo

El Cuadro 20 del análisis de varianza para la longitud máxima de lámina foliar, indica que el coeficiente de variación tiene un valor de 14.3 % nos muestra la confiabilidad de los datos tomados, en la que se observa que en los factores de estudio no presentan diferencias significativas estadísticamente en la longitud de lámina foliar de las accesiones de cañahua.

Cuadro 21. Accesiones con promedios para longitud máxima de lámina foliar

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (mm)	Accesiones	Media (mm)	Accesiones	Media (mm)
3878	40,2	3968	40,6	3366	31,6
3492	39,2	3662	37,6	3586	31,2
3881	39,2	3417	36,2	3858	30,6
3535	38,8	3197	35,4	3355	28,4
3885	38,8	3795	35,4	3698	25,6
3183	36	3485	35	15831	22,4
3538	35,8	3319	34,4		
3882	35	3401	34,4		
T2	34,8	3884	34		
3531	34,2	3900	34		
3253	33,2	T1	33,48		
3948	33,2	3603	33		
15843	32,40	3921	32,4		

3784	31,81	3954	32,4
T3	30,89	3247	31,6
3458	30,82	3228	31,4
3655	29,82	3260	31,1
		3581	30,8
		3709	30,4
		3824	30,4
		3694	30,2
		3293	30
		3335	29,2
		3462	29
		3907	29
		3697	28,6
		3905	28,4
		3969	28
		3696	27,5
		3670	25

Se muestra en el Cuadro 21, las accesiones que presentaron una menor longitud de lámina fueron; 15831 y 3670 de Cochabamba (Toralapa INIAF), por lo contrario, las accesiones con una longitud de hoja más amplia son 3535, 3485, 3538, 3417, 3968 y 3492 de Cochabamba (Toralapa INIAF). Y para el caso de los testigos alcanzaron una longitud de hoja de 30.8, T1 - T3 de Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca), y T2 de Cochabamba (Variedad Illimani).

Las accesiones que presentan longitudes pequeñas se caracterizan por regular la pérdida de agua, evitando la apertura de sus estomas causada por la acción disecante del viento y la intensidad de transpiración. Presentan mecanismos que reflejan los rayos luminosos disminuyendo la radiación directa, y muestra mayor eficiencia fotosintética. Sin embargo, ocurre lo contrario con las accesiones que presentan láminas de mayor tamaño, donde estas realizan mayor transpiración y la eficiencia fotosintética es menor, por lo que atribuyen a una lenta formación y maduración de grano.

Arteaga (1996), evaluó 480 accesiones de germoplasma de cañahua en Patacamaya (altiplano central) reporta longitudes de lámina en las accesiones de cañahua que varían de 1.24 a 3.64 cm. Mientras, Cano (1973), indica que las accesiones de cañahua cultivadas y evaluadas en Puno Perú, presentan longitudes de lámina de 1.00 a 3.00 cm.

5.1.1.8. Ancho máximo de lámina foliar

En el Cuadro 7, muestra que esta variable registró un promedio de 23.51 mm, con un desvío estándar de 4.03, con un coeficiente de variación del 20.5 % que expresa amplia. El ancho de lámina varía de 13.20 mm, para el caso de las accesiones con láminas angostas de 34.80 mm, para las accesiones con láminas anchas. Mientras la mayor parte de las accesiones presentan valores de ancho de lámina muy arriba al promedio registrado.

Cuadro 22. Análisis de varianza para el ancho máximo de lámina foliar

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	73,33	18,333	0,786	0,5653	NS
Testigo	2	63,63	18,333	1,3641	0,3092	NS
Accesiones	49	705,96	14,407	0,6177	0,8562	NS
Testigo vs Accesiones	1	9,15	9,153	0,3924	0,5485	NS
Error experimental	8	186,59	23,324			

NS = No significativo

El Cuadro 22 del análisis de varianza para el ancho máximo de lámina foliar indica que hay diferencias no significativas entre los factores de estudio, porque podemos deducir que plantas de cañahua pueden tener una variabilidad natural en su desarrollo, el coeficiente de variación es de 20.5 % para el análisis que indica una variabilidad moderada. Esto significa que hay una dispersión considerable en los valores del ancho de lámina foliar entre las diferentes plantas medidas.

Cuadro 23. Accesiones con promedios para el ancho máximo de lámina foliar

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (mm)	Accesiones	Media (mm)	Accesiones	Media (mm)
3492	30,8	3197	29,6	3366	23,8
3885	30,6	3884	27,4	3858	22,6
3881	29,4	3485	26,6	3698	21,2
3882	29,4	3603	26,4	3586	20
3538	28,8	3968	26,2	3355	16,2
3878	28,2	3921	25,6	15831	13,2
3535	27,6	3417	25,4		
3531	27,4	3401	25,2		
T2	25,72	3900	25,2		
3183	25,6	3795	24,8		

3253	25,4	3228	24
3458	25,4	3260	24
15843	24,6	3247	23,2
3948	23,4	3824	23
3784	23	3293	22,8
T3	21,11	3697	22,8
3655	20	3335	22,2
		3662	22
		3954	22
		T1	21,64
		3581	21,6
		3696	21,5
		3907	21,4
		3709	21,2
		3694	21
		3319	20,6
		3462	20,4
		3905	19
		3969	18
		3670	16

Se puede apreciar en el Cuadro 23, las accesiones con láminas angostas esta formadas por 15831, 3670, 3355, 3969, 3905, 3655, 3709, 3462 y 3907 de Cochabamba (Toralapa INIAF), las que presentaron mayor ancho de lámina corresponden a 3197, 3485, 3531, 3538 y 3492 de Cochabamba (Toralapa INIAF).

Esta variación registrada para el ancho de lámina en las accesiones se debería probablemente a la gran variabilidad que presenta el material genético. Sin embargo, Cano (1973), señala que el cultivo de la cañahua presenta ancho de láminas de 0.50 a 1.80 cm, por su parte, Arteaga (1996), reporta rangos de variación para el ancho de lámina de 1.10 a 2.98 cm; Ambos resultados reportados por estos autores son similares con el presente estudio.

5.1.1.9. Longitud de peciolo

En el Cuadro 7, para esta variable de longitud de peciolo se puede observar un promedio de 0.75 cm, donde el coeficiente de variación fue de 25.8 % que llega a ser el valor más alto entre las variables de lámina. Esta característica presenta una mínima de 0.40 cm y una máxima de 1.88 cm, valor cercano al promedio reportado.

Cuadro 24. Análisis de varianza para la longitud de peciolo

	Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques		4	0,02437	0,006093	0,1642	0,9507	NS
Testigo		2	0,06796	0,03398	0,9156	0,4385	NS
Accesiones		49	2,51578	0,051342	1,3834	0,3295	NS
Testigo vs Accesiones		1	0,01684	0,016837	0,4537	0,5196	NS
Error experimental		8	0,29691	0,037113			

NS = No significativo

En el análisis de varianza para la longitud de peciolo se muestra en el Cuadro 16 que el coeficiente de variación es igual a 25.8 % es cual es un indicador de que los datos son confiables, entre los factores de estudio donde muestra que hay diferencias no significativas en la longitud de peciolo, significa que en las accesiones de cañahua pueden tener una variabilidad natural en su desarrollo. Donde no hay diferencias entre testigo y accesiones que tengan un efecto diferente en la longitud de peciolo en el cultivo de cañahua.

Cuadro 25. Accesiones con promedios para la longitud de peciolo

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (cm)	Accesiones	Media (cm)	Accesiones	Media (cm)
3492	1,1	3968	1	3355	0,62
3458	1,02	3417	0,96	3586	0,62
3881	1	3921	0,92	3698	0,58
3878	0,98	3795	0,88	3858	0,58
3882	0,9	3603	0,84	3366	0,52
3535	0,86	3954	0,84	15831	0,4
3538	0,84	3969	0,84		
15843	0,82	3319	0,82		
T2	0,81	3884	0,82		
3183	0,8	3485	0,8		
3253	0,78	3662	0,76		
3784	0,76	3197	0,72		
3885	0,76	3228	0,72		
3948	0,76	3401	0,72		
3655	0,74	3907	0,72		
3531	0,66	3293	0,7		
T3	0,65	T1	0,68		
		3709	0,66		
		3900	0,66		
		3824	0,66		

3696	0,63
3581	0,62
3335	0,6
3462	0,58
3260	0,56
3247	0,54
3694	0,54
3697	0,54
3905	0,5
3670	0,48

De igual manera de observa las accesiones de peciolo pequeño corresponden a 15831, 3905, 3670, 3366 y 3247 a Cochabamba (Toralapa INIAF), sin embargo, las accesiones de peciolo largos están formados por 3531, 3253, 3921, 3417, 3458, 3492 y 3485 de Cochabamba (Toralapa INIAF), a diferencia de los testigos estas alcanzaron en la longitud de peciolo un promedio intermedio de 0.65 cm T1 - T3 de Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca) y T2 de Cochabamba (Variedad Illimani), este conjunto de accesiones también mostro valores mayores y menores en las variables longitud y ancho de lámina, demostrando un comportamiento diverso entre las accesiones estudiadas.

5.1.1.10. Altura de la planta

En la altura de la planta se evidenció que las accesiones evaluadas tenían un hábito de crecimiento saihua, lasta y pampalasta.

La altura de la planta registró un promedio de 28.62 cm, con un desvío estándar de 6.46 y un coeficiente de variación de 25.7 %, este valor indica que existe un alto grado de variabilidad para esta característica. Probablemente este influenciado por el medio ambiente y genético en el cual fueron caracterizados. La mínima para la altura de la planta fue de 10.80 cm para las plantas pequeñas a 43.40 cm para plantas altas en todo el conjunto de accesiones de cañahua (Cuadro 7).

Se efectuó el análisis de varianza Cuadro 26, para evaluar la altura de la planta en 50 accesiones de cañahua, la cual no presentó diferencias significativas entre los grupos comparados, esto se debe a las condiciones edafológicas del suelo y climáticas, donde no hubo humedad desfavoreciendo al crecimiento de las plantas.

Cuadro 26. Análisis de varianza para altura de planta

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	119,89	29,973	0,5535	0,7027	NS
Testigo	2	15,69	7,843	0,1448	0,8674	NS
Accesiones	49	2031,21	41,453	0,7654	0,7374	NS
Testigo vs Accesiones	1	73,18	73,185	1,3514	0,2785	NS
Error experimental	8	433,25	54,156			

NS = No significativo

El coeficiente de variación es de 25.7 %, valor que se encuentra dentro del rango de 30% considerándose confiable y aceptable para ensayos de campo ya que nos señala que hubo un buen manejo experimental.

Mediante una prueba de medias, en el Cuadro 27, se observa que la accesión 3183 de hábito de saihua obtuvo mayor altura de planta de 41,8 cm superior a las demás y el hábito de crecimiento lasta la accesión 3968 con 36,7 cm respectivamente, la pampalasta de 28,4 cm accesión 3858.

Cuadro 27. Accesiones con promedios en Altura de la planta

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (cm)	Accesiones	Media (cm)	Accesiones	Media (cm)
3183	41,8	3968	36,7	3858	28,4
3535	39,8	3954	36,1	3366	23
3492	39,2	3969	35,6	3586	23
3878	38,6	3603	35,2	3355	20,8
3538	37	3485	34,6	3698	16,8
3531	36,4	3884	33,5	15831	10,8
15843	35,6	3824	31,6		
3882	34,6	3417	31		
3948	34	3900	30,2		
3458	33	3581	30		
3881	32,6	3921	30		
3655	32,4	3401	29,8		
3885	31	3694	29,4		
T2	28,08	3709	27,2		
3253	27,2	3260	27		
T3	26,31	3197	26,8		
3784	24,2	3462	26,6		
		3228	26,4		
		3795	26,4		

3907	26,3
T1	25,66
3335	25,6
3697	25
3670	24,8
3905	24,6
3247	24,4
3293	24,2
3662	23,4
3696	18,8
3319	18,7

Las accesiones pequeñas corresponden a 15831, 3698, 3905, 3319, 3784, 3696 y 3907 de Cochabamba (Toralapa INIAF) entre plantas de hábito de crecimiento saihua lasta y pampalasta. Mientras, las plantas de cañahua altas están conformadas por las accesiones 3485, 3531, 3538, 3535, 3492 Cochabamba (Toralapa INIAF), por otro lado, se tiene a los testigos con una altura intermedia de 26 cm T1 - T3 Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca) y T2 de Cochabamba (Variedad Illimani). La diferencia entre las accesiones y el testigo se debe a la precocidad de las accesiones que empiezan a detener poco a poco su crecimiento cuando empiezan a madurar el grano y alcanzan la madurez fisiológica antes que el testigo que tarda más tiempo en llegar a la madurez fisiológica.

Al respecto, La Fuente (1980), reporta alturas de planta que varía entre 30.00 a 40.00 cm, mientras Mamani (1994), reportó que las alturas de plantas fluctúan de 20.80 a 21.80 cm para las variedades lasta y para las variedades saihua de 28.00 a 30.00 cm. Por su parte Arteaga (1996), reporta alturas de planta de 15.50 a 57.80 cm para las diferentes accesiones, y Quisbert (2000), quién menciona que varía de 32.02 a 49.10 cm entre plantas con hábito lasta y saihua. Estas diferencias probablemente se deban a sus condiciones genotípicas y fenotípicas de cada accesión bajo las condiciones locales.

5.1.1.11. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal se observó que tenía mucha variación de acuerdo a las accesiones con distintos hábitos de crecimiento. Donde se muestra en el Cuadro 7, que el promedio para esta variable fue de 18.36 cm, con desvío estándar de 6.50 y el coeficiente de variación 37.1 % debido a la amplia variabilidad del germoplasma para este carácter. La

mínima es de 6.60 cm para aquellas accesiones con menor cobertura vegetal mientras, 33.60 cm corresponde a las accesiones con mayor cobertura vegetal entre las plantas de hábito saihua, lasta y pampalasta.

Cuadro 28. Análisis de varianza para la cobertura vegetal

FV	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	71,15	17,787	0,3842	0,81431	NS
Testigo	2	292,50	146,252	3,1593	0,09744	NS
Accesiones	49	1964,74	40,097	0,8662	0,65465	NS
Testigo vs Accesiones	1	3,78	3,784	0,0817	0,78222	NS
Error experimental	8	370,34	46,293			

NS = No significativo

Los resultados que se muestran en el Cuadro 28, se observa que no existe diferencia significativa entre los grupos, de tal manera es mayor al nivel de significancia de 0,05. Esto indica que los factores de hábito de crecimiento influyen en la cobertura vegetal, que varía en función a las accesiones y esta se caracteriza a los diferentes hábitos de crecimiento que presentan el conjunto de accesiones de cañahua. El coeficiente de variación es de 37.1 %.

Cuadro 29. Accesiones con promedios para la cobertura vegetal

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (cm)	Accesiones	Media (cm)	Accesiones	Media (cm)
3183	0,6	3921	0,8	3355	0,4
3535	0,6	3603	0,7	3366	0,4
3655	0,5	3795	0,6	3586	0,4
3492	0,5	3968	0,6	3698	0,4
3531	0,5	3197	0,5	3858	0,4
3878	0,5	3247	0,5	15831	0,3
3881	0,5	3228	0,5		
3253	0,4	3260	0,5		
3458	0,4	3319	0,5		
3538	0,4	3401	0,5		
3784	0,4	3694	0,5		
3885	0,4	3417	0,5		
3882	0,4	3709	0,5		
15843	0,4	3884	0,5		
T2	0,4	3900	0,5		
T3	0,4	3824	0,5		
3948	0,3	3954	0,5		

3293	0,4
3335	0,4
3462	0,4
3581	0,4
3662	0,4
3670	0,4
3485	0,4
3696	0,4
3697	0,4
3907	0,4
3969	0,4
T1	0,4
3905	0,3

Mediante una prueba de medias, se observa para la cobertura vegetal existe diferencias entre las accesiones de cultivo de cañahua. En el Cuadro 29, se observa que obtuvieron una cobertura vegetal de 20.45 cm a 34.07 cm, mayor a las demás accesiones. Así mismo se tiene un intermedio entre accesiones de 12.05 cm a 19.75 cm, y para aquellas accesiones con menor cobertura vegetal que varían de 7.52 cm a 10.95 cm. Estas diferencias probablemente se deben a sus condiciones genéticas que caracteriza a los diferentes hábitos de crecimiento que presentan en el conjunto de accesiones de cañahua.

Las accesiones que forman cobertura foliar menor son 3921, 3885, 3581, 3884, 3784, 3253 y 3458 de Cochabamba (Toralapa INIAF); sin embargo, la mayor cobertura foliar se presentó 3905, 3858, 3247, 3795, 3586 y 3694 de Cochabamba (Toralapa INIAF), de igual manera se tiene un promedio de intermedio entre las accesiones y testigos que fueron 3882, 3197, 3948, 3968, 3228, 3366, 3670, 3900 y 3401 de Cochabamba (Toralapa INIAF). T1 - T3 de Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca) y T2 de Cochabamba (Variedad Illimani). Estas diferencias probablemente se deben a sus condiciones genéticas que caracterizan a los diferentes hábitos de crecimiento que presentan el conjunto de accesiones de cañahua.

En la caracterización preliminar de 480 accesiones de germoplasma de cañahua en Patacamaya realizado por Arteaga (1996), reportó rangos de variación de 2.10 cm para accesiones de hábito de crecimiento saihua y 39.10 cm para accesiones con hábito de crecimiento lasta, mientras el promedio fue de 20.08 cm $\pm$ 8.51 cm entre lastas y saihuas.

5.1.1.12. Número de ramas primarias

Esta variable se encuentra directamente influenciada por el hábito de crecimiento que presenta las accesiones estudiadas. Las plantas con habito de crecimiento lasta presentan mayor número de ramas primarias, mientras las saihuas presentan menor número de ramas primarias. En esta variable se obtuvo un promedio de 6.26 ramas primarias, encontrándose la mayor parte de las accesiones avaluadas cercanos a este valor (Cuadro 7).

Cuadro 30. Análisis de varianza para número de ramas primarias

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	6,467	1,61667	1,7870	0,2246	NS
Testigo	2	0,196	0,09800	0,1083	0,8986	NS
Accesiones	49	58,328	1,19037	1,3158	0,3610	NS
Testigo vs Accesiones	1	0,490	0,48965	0,5412	0,4829	NS
Error experimental	8	7,237	0,90467			

NS = No significativo

En el Cuadro 30, se observa que el análisis de varianza para el numero de ramas primarias de las 50 accesiones de cañahua mostró diferencias no significativas en el grupo, esto nos indica que el número de ramas primarias está directamente influenciado por el hábito de crecimiento que presenta las accesiones estudiadas.

Siendo el coeficiente de variación de 15.2 % un valor menor al 30 %, considerando confiable y aceptable para ensayos de campo.

Cuadro 31. Accesiones con promedios para número de ramas primarias

Accesiones	Media (n°)	Accesiones	Media (n°)	Accesiones	Media (n°)
3881	9	3603	8	3858	7
3878	8	3485	8	3698	6
3882	8	3795	8	15831	6
3458	7	3900	8	3355	5
3535	7	3197	7	3366	5
3531	7	3228	7	3586	5
3948	7	3335	7		
3183	6	3462	7		
3655	6	3417	7		
3492	6	3697	7		
3538	6	3709	7		

15843	6	3905	7
T2	6	3824	7
T3	6	3319	6
3253	5	3401	6
3885	5	3581	6
3784	4	3670	6
		3694	6
		3696	6
		3884	6
		3907	6
		3954	6
		3968	6
		T1	6
		3247	5
		3260	5
		3293	5
		3662	5
		3921	5
		3969	5

La prueba de medias nos muestra que las accesiones que cañahua presentan diferencias no significativas conformando 6 grupos, donde el grupo (a) constituido por 8 obtuvo mayor número de ramas, respecto al grupo (b) que conforma de 7 ramas primarias, así mismo se tiene al grupo se (c) de 6 ramas primarias, y por el contrario, los grupos (d) y (e) tiene de 4 a 5 ramas primarias.

En el Cuadro 31, se observa que las accesiones remarcadas de color naranja obtuvieron mayor número de ramas primarias, el cual es corroborado por Quispe (1999), quien obtuvo con el cultivar lasta un promedio de 6 a 7 ramas por planta. Por su parte Marín (2002) y el IPGRI (2005), indican que el ecotipo lasta se caracteriza por presentar tallos bastante ramificados desde la base, el cual le da la apariencia frondosa.

Esto explica que las accesiones con hábito de crecimiento tipo lasta que a pesar de que requieren entresagues o raleos y además de deshierbes oportunos tienen mayor número de ramas.

Los resultados son similares a los reportes de Lescano (1980), que indica el número de ramas primarias es más de 6.00 ramas para formas de crecimiento lasta; mientras, las saihuas presentan pocas ramificaciones (3.00 a 5.00 ramas). Por su parte, Copeticona

(2000), reportó cultivares de cañahua con 4.00 a 5.00 ramas para cultivares con menor número de ramas primarias, mientras, cultivares con mayor número de ramas primarias presentaron de 5.00 a 7.00 ramas.

Esto explica que las accesiones con habito de crecimiento tipo lasta requieren entresaques o raleos y además de deshierbes oportunos para obtener plantas con un buen número de ramas.

5.1.1.13. Diámetro de tallo central

En el Cuadro 7, esta variable registró un mínimo de 0.28 mm y un máximo de 0.84 mm que presenta esta característica así mismo, se tiene un promedio de 0.45 mm y un desvío estándar de 0.09. Sin embargo, la mayor parte de las accesiones que presentan esta característica se encuentra muy cercanas al promedio.

En el análisis de varianza del Cuadro 32, se observa que presentan diferencias no significativas, el cual puede atribuirse a las diferentes condiciones o factores bajo estudio no afectan de manera significativa el tamaño del tallo en cuestión.

Cuadro 32. Análisis de varianza para el diámetro de tallo central

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	0,00757	0,0018933	0,5749	0,68905	NS
Testigo	2	0,00912	0,0045600	1,3846	0,30452	NS
Accesiones	49	0,41427	0,0084545	2,5672	0,07897	NS
Testigo vs Accesiones	1	0,01303	0,0130265	3,9554	0,08192	NS
Error experimental	8	0,0263	0,0032933			

NS = No significativo

El coeficiente de variación fue de 12.6 %, el cual está en el rango de 30 % como se recomienda para trabajo de campo, indicándonos que se realizó un buen manejo del cultivo de cañahua.

Cuadro 33. Accesiones con promedios para el diámetro de tallo central

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (mm)	Accesiones	Media (mm)	Accesiones	Media (mm)
3183	0,6	3921	0,8	3355	0,4
3535	0,6	3603	0,7	3366	0,4
3655	0,5	3795	0,6	3586	0,4
3492	0,5	3968	0,6	3698	0,4

3531	0,5	3197	0,5	3858	0,4
3878	0,5	3247	0,5	15831	0,3
3881	0,5	3228	0,5		
3253	0,4	3260	0,5		
3458	0,4	3319	0,5		
3538	0,4	3401	0,5		
3784	0,4	3694	0,5		
3885	0,4	3417	0,5		
3882	0,4	3709	0,5		
15843	0,4	3884	0,5		
T2	0,4	3900	0,5		
T3	0,4	3824	0,5		
3948	0,3	3954	0,5		
		3293	0,4		
		3335	0,4		
		3462	0,4		
		3581	0,4		
		3662	0,4		
		3670	0,4		
		3485	0,4		
		3696	0,4		
		3697	0,4		
		3907	0,4		
		3969	0,4		
		T1	0,4		
		3905	0,3		

Con la prueba de medias se determinó los tallos con diámetros delgados se presentan en las accesiones 15831, 3948, 3905, 3355, 3253 y 3293 de Cochabamba (Toralapa INIAF); por el contrario, los tallos con diámetros gruesos corresponden a las accesiones 3183, 3878, 3968, 3795, 3535, 3603 y 3921 de Cochabamba (Toralapa INIAF), este desarrollo es trascendente en el diámetro de tallo y está sujeta a sus características genéticas como se observa en el Cuadro 33.

Haciendo comparaciones, los resultados obtenidos para el diámetro del tallo principal están en el rango que obtuvo Marín (2002), quién reportó valores de 2.1 mm para distancias entre surcos con 0.40 m, al evaluar el distanciamiento entre surcos y plantas de 2 ecotipos de cañahua en el altiplano norte de Bolivia.

5.1.1.14. Diámetro de grano

El diámetro de grano es una característica física importante del cultivo de cañahua. Está relacionado con el crecimiento, la calidad de grano, también puede verse afectado por varios factores, como la variedad, las condiciones ambientales y el manejo de cultivo. En esta variable se obtuvo un promedio de 0.74 mm, un mínimo de 1 mm y máximo de 3.14 mm, véase en el Cuadro 7.

Cuadro 34. Análisis de varianza para Diámetro de grano

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	1,0265	0,25663	1,0005	0,4607	NS
Testigo	2	0,2075	0,10374	0,4044	0,6803	NS
Accesiones	49	4,2547	0,08683	0,3385	0,9911	NS
Testigo vs Accesiones	1	0,3390	0,33898	1,3215	0,2835	NS
Error experimental	8	2,0521	0,25651			

NS = No significativo

En el Cuadro 34, se muestra que el análisis de varianza del diámetro de grano no presenta diferencias significativas a un nivel de significancia, esto significa que el diámetro de grano se atribuye a las características genéticas, varía de acuerdo a cada accesión sin importar el tipo de hábito de crecimiento que presente y a factores climáticos.

El coeficiente de variación es de 42.6 %, este valor nos indica que los datos no son aceptables porque no está dentro del rango establecido.

Cuadro 35. Accesiones con promedios para Diámetro de grano

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (mm)	Accesiones	Media (mm)	Accesiones	Media (mm)
3253	1,23	3697	1,27	3586	1,2
3784	1,17	3228	1,26	3366	1,17
3878	1,12	3260	1,26	3698	1,17
3948	1,12	3662	1,25	3858	1,12
3882	1,1	3197	1,24	3355	1,08
3458	1,09	3417	1,17	15831	1,04
3492	1,09	3247	1,14		
3531	1,09	3969	1,14		
3881	1,08	3335	1,13		
3183	1,06	3954	1,13		
3535	1,06	3293	1,11		

15843	1,06	3884	1,11
3655	1,05	3968	1,11
3885	1,05	3905	1,1
3538	1	3401	1,09
T2	1	3581	1,08
T3	1	3603	1,08
		3795	1,08
		3670	1,07
		3696	1,07
		3921	1,07
		3824	1,07
		3485	1,06
		3907	1,06
		3319	1,05
		3462	1,05
		3694	1,05
		3900	1,05
		3709	1,03
		T1	1

En el Cuadro 37, se pueden apreciar las cañahuas con menor diámetro corresponden a las accesiones 3694, 3485, 3696, 3492, 3417, 3586, 3697 y 3907 de Cochabamba (Toralapa INIAF), mientras las plantas con mayor diámetro son; 3784, 3197, 3228, 3662 y 3969 de Cochabamba (Toralapa INIAF), y T1 – T3 de Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca). Esto significa que el diámetro de grano se atribuye a las características genéticas, varía de acuerdo a cada accesión sin importar el tipo de hábito de crecimiento que presente.

Para Flores (2006), los caracteres morfológicos como el número de ramas primarias, cobertura vegetal y altura de la planta, están altamente relacionados con el rendimiento de grano, no obstante, también podría considerarse la ausencia del efecto ambiental puesto que el trabajo de investigación se realizó bajo un mismo ambiente. Según Apaza (2010), el rendimiento es un carácter de herencia cuantitativa y es fuertemente influenciado por el efecto ambiental.

5.1.1.15. Peso de 1000 granos

Es una variable importante en el cultivo de cañahua, ya que está relacionado con el rendimiento y la calidad de grano, algunos factores que pueden influir en esta

característica son variedad, condiciones de cultivo y maduración fisiológica. El coeficiente de variación fue de 7.1 %, véase en el Cuadro 7. El desvío estándar para el peso de 1000 granos es de 0.25 con un promedio de 2.44 gramos.



Figura 14. Pesado de 1000 granos en balanza

Cuadro 36. Análisis de varianza para Peso de mil granos

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	0,2176	0,05441	1,8308	0,216332	NS
Testigo	2	0,9090	0,45449	15,2923	0,001848	**
Accesiones	49	2,2695	0,04632	1,5584	0,261125	NS
Testigo vs Accesiones	1	0,3828	0,38276	12,8789	0,007098	**
Error experimental	8	0,2378	0,02972			

NS = No significativo

** = Altamente significativo

En el análisis de varianza del Cuadro 36, se observa que el peso de mil granos de las accesiones de cañahua, que existen diferencias no significativas entre bloques y accesiones, por el contrario, para el factor testigo y testigo vs accesiones presentó diferencias altamente significativas el cual indica que los pesos de los granos se encuentran influenciados directamente por el desarrollo del follaje, es decir a mayor follaje, mayor tamaño y peso de grano.

El coeficiente de variación es 7.1 %, valor que se encuentra dentro del rango establecido para trabajos de campo.

Cuadro 37. Accesiones con promedios para Peso de mil granos

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (g)	Accesiones	Media (g)	Accesiones	Media (g)
3253	1,03	3197	1,03	3366	0,87
T2	0,82	3260	1,03	3586	0,83
3784	0,73	3697	0,97	3355	0,73
3881	0,73	3401	0,9	3698	0,73
3885	0,73	3417	0,9	3858	0,6
3948	0,73	3247	0,87	15831	0,53
3878	0,7	3228	0,87		
3882	0,7	T1	0,84		
15843	0,7	3662	0,83		
3535	0,67	3824	0,8		
3655	0,67	3696	0,77		
3531	0,63	3709	0,77		
3492	0,6	3884	0,77		
T3	0,6	3907	0,77		
3183	0,57	3335	0,73		
3458	0,57	3581	0,73		
3538	0,57	3462	0,7		
		3694	0,7		
		3293	0,67		
		3319	0,67		
		3603	0,67		
		3670	0,67		
		3921	0,67		
		3969	0,67		
		3900	0,63		
		3968	0,63		
		3485	0,6		
		3905	0,6		
		3954	0,6		
		3795	0,53		

Mediante la prueba de medias se observa en el Cuadro 37, donde el peso mínimo de 1.66 gramos que corresponden a las accesiones 3696, 3795, 15831 y 15843 de Cochabamba (Toralapa INIAF); mientras, las accesiones con mayor peso de 1.03 gramos corresponden a las accesiones T3 - T1 de Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca); T2 de Cochabamba (Variedad Illimani) y 3662, 3709, 3319, 3197, 3183, 3968, 3603, 3293, 3900, 3882 y 3335 de Cochabamba (Toralapa INIAF).

Las diferencias en el peso de 1000 granos de cañihua pueden deberse al número de flores por planta, al cuajado y al tamaño de grano. Se puede observar que las semillas utilizadas en la siembra presentaban un peso mayor al que se pudo evaluar al momento de la cosecha esto puede deberse a la expresión genotípica y fenotípica de cada accesión en climas diferentes al del lugar de origen, es decir bajo las condiciones semi áridas del altiplano, es probable que algunas características se hayan visto afectadas por el clima del lugar.

5.1.1.16. Peso hectolítrico

En el Cuadro 7, se puede observar los siguientes resultados, que tiene un promedio de 4.45 g/cc como también se tiene una mínima de 3.93 g/cc debido a que los granos de cañahua tuvieron un menor diámetro (grano pequeño), con un desvío estándar de 0,20.

Los resultados que se muestran en el Cuadro 38, se observa que no existen diferencias significativas, esto indica que los factores ambientales no influyen en el peso hectolítrico de la cañahua.

Cuadro 38. Análisis de varianza para Peso hectolítrico

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	0,21367	0,053417	1,9086	0,20245	NS
Testigo	2	0,02217	0,011087	0,3961	0,68541	NS
Accesiones	49	2,05571	0,041953	1,4990	0,28240	NS
Testigo vs Accesiones	1	0,10575	0,105749	3,7785	0,08782	NS
Error experimental	8	0,22389	0,027987			

NS = No significativo

El coeficiente de variación tiene un valor de 3.8 % el mismo se encuentra en un rango aceptable, por tanto, hubo un buen manejo de las unidades experimentales y dando confiabilidad a los datos analizados.

Cuadro 39. Accesiones con promedios para Peso hectolítrico

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (kg)	Accesiones	Media (kg)	Accesiones	Media (kg)
3253	75,1	3197	74	3698	74
3878	73	3696	73	3366	70,9
3885	71,9	3581	71,9	3858	68,8
3531	71,4	3247	71,4	3355	68,3

3948	71,4	3335	71,4	3586	66,8
T2	71	3462	71,4	15831	65,7
3881	70,9	3954	71,4		
T3	70	3697	70,9		
3655	69,9	3824	70,9		
3784	69,9	3260	69,9		
3882	69,9	3319	69,9		
3183	67,8	3603	69,9		
15843	66,8	3921	69,9		
3458	66,3	3795	69,4		
3492	65,2	3969	69,4		
3535	63,1	T1	69		
3538	61,1	3228	68,3		
		3900	68,3		
		3907	68,3		
		3884	67,3		
		3293	66,8		
		3401	66,8		
		3905	66,8		
		3662	66,3		
		3670	65,2		
		3694	65,2		
		3417	64,2		
		3709	64,2		
		3485	63,7		
		3968	63,1		

Para esta variable, se tiene a los granos pequeños las cuales corresponden a las accesiones 3538, 3535, 3492, 3968, 3485, 3709, 3417, 3694 y 15831 de Cochabamba (Toralapa INIAF), este peso hectolitrito en granos podría estar relacionado con granos inmaduros o granos pequeños, que generalmente presentan genotipos de ciclo fenológico tardío. Por lo contrario, las accesiones con mayor peso hectolitrito (grano grande), es de 70 a 75.1 kg, está compuesta por 3881, 3948, 3531, 3885, 3878, 3253, 3197, 3696, 3581, 3247, 3335, 3462, 3954, 3366 y 3698 de Cochabamba (Toralapa INIAF) y T1 – T3 Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca); T2 Cochabamba (Variedad Illimani). Posiblemente existen diferencias genotípicas entre las accesiones de cañahua las mismas que determinan el tamaño del grano dependiendo la accesión (Cuadro 39).

Además, Espitia (2012), menciona que el peso hectolítrico está altamente relacionado con la densidad real del grano cuya unidad de medida es kg/cm^3 , la densidad del grano está determinada por la estructura biológica, la composición química y la humedad.

5.1.1.17. Rendimiento de grano por planta

El rendimiento de grano por planta alcanzó un promedio de 38.31 g/pl y un coeficiente de variación de 29.3 %, con relación al desvío estándar este oscila valores de 17.84, para las accesiones con menor rendimiento de grano por planta es de 7.00 g/pl, mientras las accesiones con mayor rendimiento de planta rendimientos de 83.00 gr/pl, como se observa en el Cuadro 7.

Cuadro 40. Análisis de varianza para Rendimiento de grano por planta

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	2519,7	629,93	4,9922	0,0258	NS
Testigo	2	202,5	101,27	0,8025	0,4812	NS
Accesiones	49	15562,4	317,60	2,5170	0,0832	NS
Testigo vs Accesiones	1	1079,7	1079,69	8,5565	0,0191	NS
Error experimental	8	1009,5	126,18			

NS = No significativo

En el Cuadro 16 se muestra los resultados del análisis de varianza del rendimiento de grano por planta, que no existen diferencias significativas lo que indica que los factores ambientales no influyen en el rendimiento de grano por planta.

El coeficiente de variación es de 29.3 %, este valor se encuentra en un rango aceptable, en la escala de valores propuesto por Calzada (1982), quien indica que en investigaciones de campo el coeficiente de variación debe ser menor al 30% por lo tanto los valores son confiables.

Cuadro 41. Accesiones con promedios para Rendimiento de grano por planta

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (g)	Accesiones	Media (g)	Accesiones	Media (g)
3183	75,5	3900	85,2	3858	69,2
3878	68,2	3417	83,53	3586	40,53
3881	56,2	3694	74,53	3355	31,53
3784	55,2	3228	60,53	3698	26,53
3535	49,86	3795	59,2		

3655	47,86	3954	54,86
3538	40,53	3921	50,2
3531	39,53	3603	49,86
3253	37,53	3247	48,53
3492	36,53	3884	47,2
3885	33,2	3968	46,86
3458	32,86	3709	46,2
T2	30,8	3485	45,53
T3	26,4	3697	43,53
		3462	41,86
		3197	41,53
		3260	41,53
		3670	36,86
		T1	35,4
		3319	33,53
		3335	31,53
		3824	30,86
		3401	28,86
		3581	26,86
		3905	21,86
		3293	21,53
		3969	20,86

Las accesiones con rendimientos bajos en grano son de 20,86 g, están conformadas por las accesiones 3969, 3293, 3905 y 3581 de Cochabamba (Toralapa INIAF); mientras, las accesiones que registraron mayores rendimientos de grano por planta (70 a 85 g) corresponden a 3921, 3954, 3784, 3881, 3795, 3228, 3878, 3858, 3694, 3183, 3417 y 3900 de Cochabamba (Toralapa INIAF), considerándose los rendimientos más elevados de todas las accesiones evaluadas. Así se presentan los testigos con promedios intermedios de (26 a 35 g), T1 – T3 de Municipio de Laja (Centro Experimental de Kallutaca) y T2 de Cochabamba (Variedad Illimani).

Al respecto, los resultados obtenidos en la presente investigación, están en el rango que obtuvo Arteaga (1996), al estudiar germoplasma de cañahua en altiplano central de Bolivia, reportando rendimientos de grano por planta que varían de 2.40 a 88.00 g.

5.1.1.18. Índice de cosecha

El análisis de varianza del Cuadro 42, muestra que el índice de cosecha presenta diferencias no significativas, sin embargo, para el factor de testigo de cañahua el valor es mayor al nivel de significancia de 0,05. El cual nos indica que el índice de cosecha de los testigos de cañahua está en función a los factores climáticos.

Cuadro 42. Análisis de varianza para Índice de cosecha

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloque	4	215,65	53,912	0,6124	0,6656	NS
Tratamiento	2	24,49	12,247	0,1391	0,8722	NS
Testigo	49	587,51	11,990	0,1362	1,0000	NS
Testigo vs aumentado	1	17,79	17,789	0,2021	0,6650	NS
Error	8	704,23	88,029			

NS = No significativo

El coeficiente de variación es de 40.8 %, este valor nos indica que es mayor al 30 %, hubo una variación en el criterio específico en el momento óptimo de la cosecha por los factores climáticos.

Para esta variable se tiene una mínima y máxima que oscila entre 16,82 a 34,7 g. Los cuales están representados por las accesiones 3492, 3698, 3969 y 3696 de Cochabamba (Toralapa INIAF); en tanto, que los índices de cosecha más altos (46.94) se presentan en las accesiones 3355, 3878, 3784, 3885, 3900, 3228, 3921 de Cochabamba (Toralapa INIAF), de tal manera se pudo observar en los testigos promedios intermedios (23.5 g) que están conformados por T1 – T3 del Centro Experimental de Kallutaca y T2 Cochabamba, El cual nos indica que el índice de cosecha de las accesiones de cañahua está en función a los factores varietales y climáticos.

Cuadro 43. Accesiones con promedios para Índice de cosecha

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (g)	Accesiones	Media (g)	Accesiones	Media (g)
3885	29,96	3921	34,7	3858	28,32
3784	29,86	3228	32,9	3355	28,01
3878	29,61	3900	30,23	15831	17,74
3183	29,31	3335	29,55	3366	17,42
3881	29,25	3670	27,07		
3253	27,98	3247	26,89		

3535	27,93	3795	26,66
3458	26,28	3709	26,47
T2	25,73	3319	26,36
T3	22,95	3260	24,74
3655	22,36	3697	24,56
3948	21,23	3197	24,32
3882	19,06	3293	24,32
3538	18,62	3884	23,78
15843	17,76	3462	23,59
		T1	23,09
		3694	21,48
		3603	20,45
		3662	20,41
		3824	19,99
		3905	19,92
		3417	18,33
		3907	17,78
		3968	17,34
		3581	17,05
		3954	16,82

Al respecto Choque (2005), indica que los ecotipos saihoa rosada y roja obtuvieron un índice de cosecha de 0.44 y 0.42, por su parte Marín (2002), señala que con los ecotipos lasta roja y amarilla obtuvo bajos índices de cosechas con valores de 0.28 y 0.27 a una densidad de siembra de 4 kg/ha en un suelo de textura franco arenosa.

5.1.1.19. Número de plantas

Esta variable de número de plantas se encuentra influenciada por el hábito de crecimiento y las condiciones agronómicas, ya que las accesiones con hábito de crecimiento lasta presentan mayor número de plantas, mientras las accesiones con hábito de crecimiento saihoa presentan menor número de plantas.

Para esta variable se observa en el Cuadro 7, el número de plantas alcanzó un promedio de 11.40 con un coeficiente de variación de 34.2 %, el número de plantas presentes en las parcelas tuvo como mínimo 2 plantas y un máximo de 26 plantas, así mismo se observó algunas accesiones con (10 a 15 plantas), entre ellas esta los testigos.

Cuadro 44. Análisis de varianza para Número de plantas

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	173,73	43,433	2,8512	0,09680	NS
Testigo	2	12,13	6,067	0,3982	0,68410	NS
Accesiones	49	964,08	19,675	1,2916	0,37297	NS
Testigo vs Accesiones	1	167,79	167,787	11,0144	0,01056	*
Error experimental	8	121,87	15,233			

NS = No significativo * = Significativo

En el Cuadro 44, se muestran los resultados del análisis de varianza de número de plantas de cañahua, se puede observar que no existen diferencias significativas entre bloques, testigo y accesiones. Por el contrario, se puede observar que en el testigo vs accesiones se encuentra diferencias significativas.

Cuadro 45. Accesiones con promedios para Número de plantas

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media	Accesiones	Media	Accesiones	Media
3183	25,13	3697	19,46	3355	19,13
3885	17,8	3603	18,46	3366	11,46
3253	16,13	3581	16,46	3586	11,46
3878	15,8	3197	16,13	3698	11,46
3535	14,46	3709	15,8	3858	9,8
3948	14,13	3670	15,46	15831	9,13
3458	13,46	3228	15,13		
3655	12,46	3921	14,8		
3492	12,46	3293	14,13		
3531	12,46	3260	14,1		
15843	12,13	3900	13,8		
3882	11,13	3485	12,46		
3881	10,8	3335	12,13		
3538	10,46	3694	11,46		
3784	9,8	3884	10,8		
T3	9,6	3462	10,46		
		3662	10,46		
		3417	10,46		
		3247	10,13		
		3907	10,13		

3795	9,8
3401	9,46
3696	8,46
T1	8,4

Las accesiones que presentaron un menor número de plantas fueron 3968, 3319, 3969, 3954, 3905, 3824, 3293, 3696, 15831, 3401, 3858, 3795 y 3784 Cochabamba; T1 - T3 del Centro Experimental de Kallutaca, sin embargo, las accesiones de mayor número de plantas están conformados por 3885, 3603, 3355, 3697 y 3183 Cochabamba. Estas diferencias en la variable número de plantas puede verse afectado los factores de variedad, ya que presentan diferentes características de crecimiento, también la habitabilidad, donde las cañahuas de habito de crecimiento lasta requieren una densidad de siembra mayor que las de hábito de crecimiento saihua. Y las condiciones agronómicas factores como: disponibilidad de agua, fertilidad de suelo y presencia de plagas y enfermedades, como se muestra en el Cuadro 45.

5.1.1.20. Peso de broza

El peso de la broza en el cultivo de cañahua es un factor importante a considerar, ya que representa una parte significativa del rendimiento total de la planta. El peso de la broza depende de varios factores, influyendo la variedad de cañahua, el hábito de crecimiento, las condiciones agronómicas y el rendimiento de grano.

Para esta variable de peso de broza se tiene un promedio de 129.12 g y un coeficiente de variación de 36.7 %. Los resultados obtenidos se pueden observar en el Cuadro 7, donde se tiene una mínima 26 g y una máxima de 285 g; este peso superior a las demás accesiones y al testigo se atribuye según el hábito de crecimiento.

Cuadro 46. Análisis de varianza para Peso de la broza

Fv	Df	SC	CM	F	Pr(>F)	SIG
Bloques	4	15898	3974,6	1,7700	0,22796	NS
Testigo	2	5080	2540,1	1,1311	0,36930	NS
Accesiones	49	157067	3205,5	1,4275	0,31064	NS
Testigo vs Accesiones	1	14629	14628,9	6,5146	0,03405	*
Error experimental	8	17965	2245,6			

NS = No significativo

* = Significativo

En el Cuadro 46, se puede observar que no hay diferencia significativa de los factores bloque, testigo y accesiones sobre el peso de broza del cultivo de cañahua. Sin embargo, se observa que hay diferencia significativa en testigo vs accesiones.

El coeficiente de variación tiene un valor de 36.7 %, lo que indica una alta variabilidad en los datos.

Cuadro 47. Análisis de varianza para Peso de la broza

Saihua		Lasta		Pampalasta	
Accesiones	Media (g)	Accesiones	Media (g)	Accesiones	Media (g)
3183	211,06	3417	296,4	3858	183,4
3492	184,4	3954	249,4	3586	159,4
3655	172,73	3694	231,4	3698	116,4
3878	166,4	3968	212,4	15831	99,4
3531	157,4	3900	208,4	3355	86,06
3538	146,4	3603	203,73		
3881	134,4	3485	182,4		
3535	129,73	3401	177,73		
3784	126,4	3795	169,4		
T2	112,8	3884	157,4		
3253	105,06	3969	151,4		
3882	99,4	3247	147,06		
3458	92,73	3228	143,06		
		3581	141,73		
		3197	140,06		
		3462	139,73		
		3260	137,06		
		3824	129,4		
		3697	128,4		
		3709	126,4		
		T1	116,6		
		3905	102,4		
		3670	99,73		
		3319	99,06		
		3921	82,4		
		3662	81,73		
		3696	81,4		

Para esta variable la prueba de medias se muestra en el Cuadro 47, donde el hábito de crecimiento saihoa están conformados por 3253, 3458, 3535, 3538, 3531, 3878, 3900 y

3824 de Cochabamba Toralapa, T2 (Variedad Illimani); lasta corresponden a 3197, 3247, 3228, 3260, 3401, 3581, 3603, 3670, 3694, 3485, 3492, 3417, 3709, 3881, 3954, 3968, 3969 Cochabamba, T1 – T3 del Centro Experimental de Kallutaca y las que siguen son 3355, 3366, 3586, 3698, 3858, 15831 de hábito de crecimiento pampalasta. El peso de broza en esta variable fue medida en gramos, haciendo un análisis de comparación algunos autores indican para esta variable el peso de broza en Kg/ha como se verá a continuación.

Los rendimientos en broza de cañahua tipo Lasta han sido de 1669.2 kg/ha (Flores, 2007), y la broza en cañahuas tipo Lasta fue 2406.3 kg/ha (Maydana, 2010), en la investigación de Aro (2015), reporta datos de rendimientos de broza de 3283.2 a 6008.6 kg/ha para cañahuas tipo Lasta.

5.1.2. Variables cualitativas

La información registrada que se realiza en función a los descriptores propuestos por los autores Rojas y Pinto (2003), donde cada valor numérico es denominado como categoría del descriptor y que son mencionados en los acápites 3.3.5.15 al 3.3.5.30 los estados de los descriptores cualitativos utilizados para la caracterización y evaluación se calificaron de acuerdo con las categorías para la evaluación de germoplasma de cañahua propuestos por los autores anteriormente mencionados y el registro de los colores se hizo con la tabla de colores Munsell Muñoz *et al.* (1993), (valores numéricos recodificados) permitiendo así explicar el comportamiento de cada accesión en el germoplasma de cañahua.

5.1.2.1. Hábito de crecimiento

Esta característica de la planta es de alta heredabilidad y capaz de expresarse en cualquier medio ambiente, existiendo formas de crecimiento: como lastas, saihuas y pampa lasta; la primera se caracteriza por ser semi erguida con ramificaciones que emanan desde la base, dando la apariencia de ser decumbentes. Las saihuas son erguidas con ramificaciones contiguas al tallo principal. Mientras, las plantas con hábito de crecimiento pampalasta se caracterizan por presentar tallos semi decumbentes.

Cuadro 48. Descripción de la variable hábito de crecimiento

Hábito de crecimiento	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Saihua	3183, 3253, T3, 3458, 3535, 3655, T3, T2, 3492, 3538, T3, 3531, 3784, 3878, T2, 3881, 3885, T3, 3882, 3948, T2, 15843	22	1	33,8
Lasta	T1, 3197, 3247, T2, 3228, 3260, 3293, 3319, 3335, 3401, 3462, 3581, 3603, T1, 3662, 3670, 3694, 3485, 3417, T1, 3696, 3697, 3709, T3, 3795, 3921, 3884, T1, 3900, 3905, 3907, T1, 3824, 3954, 3968, 3969	36	2	55,4
Pampalasta	3355, 3366, T2, 3586, 3698, 3858, 15831	7	3	10,8

En el cuadro 48, muestra la variación para el hábito de crecimiento, se reporta como resultado que de las 65 accesiones evaluadas 22 accesiones corresponden al hábito de crecimiento saihua, que representa el 33,8% del total de las accesiones, mientras 36 accesiones son de hábito de crecimiento lasta con un 55,4%, así mismo, 7 accesiones con hábito de crecimiento pampalasta con un 10,8% a través de esta característica se

llega a diferenciar accesiones de una misma especie y mediante este se conoce la variabilidad sobre la base de las escalas reportadas.

Rojas *et al.* (2002), reportan tres hábitos de crecimiento: Lastas, saihuas y postrado, mientras Quisbert (2000), reporta plantas con hábito de crecimiento saihua que corresponden a siete accesiones y 13 accesiones son lasta.

5.1.2.2. Presencia de estrías

Esta variable de presencia de estrías en el cultivo de cañahua es una condición en la los tallos de la planta presentan líneas o rayas longitudinales. Estas estrías pueden ser de color más claro o más oscuro que el resto del tallo, y pueden variar en ancho y profundidad.

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 49, donde se observa una amplia variación en la variable presencia de estrías donde las 65 accesiones pertenecen a la escala 1, de presencia de estrías que equivale al 100%.

Cuadro 49. Descripción de la variable presencia de estrías

Presencia de estrías	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Presente	T1, 3183, 3197, 3247, 3253. T2, 3228, 3260, 3293, 3319, T3, 3355, 3335, T3, 3458, 3366, 3401, 3462, T2, 3535, 3581, 3603, 3655, T1, 3662, 3670, 3694, 3586, 3485, T2, 3492, 3538, T3, 3417, T1, 3696, 3531, 3698, 3697, 3709, 3784, T3, 3795, 3921, 3558, 3878, T2, 3881, 3884, 3885, T1, 3900,	65	1	100,00

	T3, 3905, 3907, 3882, T1, 3824, 3948, 3954, 3968, 3969, T2, 15831, 15843			
Ausente		0	2	

5.1.2.3. Color de estrías

Según la tabla de colores para los vegetales basado en Munsell se identificaron cinco tonos o estados de colores de estrías los cuales fueron recodificados inicialmente en relación a la extensión de degradación del tono de color (claro a oscuro).

Cuadro 50. Descripción de la variable presencia de estrías

Color de estrías	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Verde	3228, 3458, 3535, 3603, 3485, T2, 3492, 3538, T3, 3696, 3531, 3698, 3697, 3795, 3858, T2, 3824, 3948, T2	19	1	29,2
Amarillo	3183, 3197, 3247, 3670, 3784, T3, 3907, 3954, 3968, 3969, 15831	11	2	16,9
Rosado	3293, 3355	2	3	3,1
Rojo	T1, 3253, T2, 3260, 3335, T3, 3366, 3462, T2, 3581, 3655, T1, 3662, 3694, 3586, 3417, T1, 3709, T3, 3878, 3884, 3885, T1,	27	4	41,5

	3900, 3882, T1, 15843			
Purpura	3319, T3, 3401, 3921, 3881, 3905	6	5	9,20

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 50, se puede observar que existe una amplia variación de tonos de color en estrías presentes en las 65 accesiones; 19 accesiones pertenecen a la escala 1, presentando estado de color verde que equivale al 29,2% del total de la población, también se observa un grupo de 11 accesiones (16,9%) con escala de valor 2, que tiene el color amarillo; mientras, grupos de 2, 6 y 27 accesiones presentan el color rojo, rosado y purpura respectivamente.

5.1.2.4. Color de tallo a la madurez fisiológica

De acuerdo a la información registrada 10,8% de la población del germoplasma presentan estados de verde claro y rosado oscuro en el tallo durante la madurez fisiológica, porcentaje que equivale ambas a 7 accesiones; también se observa a un grupo de 11 accesiones que presentan colores de tallo anaranjado que presenta 16,9%, y 10 accesiones son de color purpura pálido. Y los grupos conformados por 1 y 2 accesiones presentan estados de color café rojizo, pajizo y rojo corresponden a los porcentajes más bajos de la población con 1,5 y 3,1% respectivamente; mientras el 40,0% constituye al estado de color amarillo con 26 accesiones con el mayor porcentaje en la población del germoplasma.

Cuadro 51. Descripción de la variable color de tallo a la madurez fisiológica

Color de tallo a la madurez fisiológica	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Amarillo	T1, 3183, T3, 3458, 3401, 3462, T1, 3662, 3485, 3492, 3538, T3, T1, 3696, 3531, 3698, 3697,	26	2	40,0

	3709, 3795, 3858, 3878, T1, 3824, 3948, T1, 15843			
Anaranjado	3228, T3, 3366, T2, 3694, T3, T2, 3900, T3, 3905, T2,	11	12	16,9
Café rojizo	3319	1	17	1,5
Pajizo	3355	1	9	1,5
Purpura pálido	T2, 3293, 3535, 3581, 3655, 3417, 3784, 3921, 3884, 3885,	10	18	15,4
Rojo	3260, T2	2	13	3,1
Rosado oscuro	3197, 3247, 3335, 3603, 3586, 3881, 3968	7	10	10,8
Verde claro	3253, 3670, 3907, 3882, 3954, 3969, 15831	7	5	10,8

En trabajos realizados con cierta similitud en cañahua algunos autores reportaron variaciones en el color del tallo que va desde verde, amarillo, rojo, Rosado, morado, Anaranjado y Guindo en la madurez fisiológica Arteaga (1996). Así mismo, Carrasco (1988), reportó coloraciones del tallo a la madurez fisiológica que varían desde un Verde, Amarillo, Rojo hasta Anaranjado y Púrpura.

5.1.2.5. Color de planta a la madurez fisiológica

En el Cuadro 52, se muestra la variación de esta característica y sobre la base de los descriptores publicados por los autores Rojas y Pinto (2003), se registró diferentes tonos de color presentes en las 116 accesiones de germoplasma en la madurez fisiológica.

Cuadro 52. Descripción de la variable color de planta a la madurez fisiológica

Color de planta a la madurez fisiológica	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Verde claro	3319, 3366, 3581, 3417, 3709, 3795, 15831	7	2	10,8
Verde oscuro	T1, 3197, 3247, T2, 3228, 3260, 3293, 3355, 3401, 3462, T2, 3603, T1, 3662, 3670, 3694, T1, 3696, 3698, 3697, T3, 3921, 3884, T1, 3900, T3, 3905, 3907, T1, 3824, 3954, 3968, 3969	33	3	50,8
Purpura	3183, 3253, T3, 3335, T3, 3458, 3535, 3655, 3586, 3485, T2, 3492, 3538, T3, 3531, 3784, 3858, 3878, T2, 3881, 3885, 3882, 3948, T2, 15843	25	6	38,5

Según la información del Cuadro 52, 7 accesiones presentan color de planta verde claro en la madurez fisiológica en escala 2 que equivale a 10,8% del total de la población, 33

accesiones son de color verde oscuro en la escala 3, que corresponde al 50,8% con el mayor porcentaje en la población total del germoplasma de cañahua, 25 accesiones con estados de color púrpura que corresponde a la escala 6, con 38,5% de la población.

5.1.2.6. Forma de lámina foliar

La lámina es un órgano vegetal más variable que puede existir y expresarse en cualquier medio ambiente, dado que cada hoja es característica de la planta en que se desarrolla, muchas especies vegetales pueden ser identificadas simplemente por sus hojas.

Cuadro 53. Descripción de la variable forma de lámina foliar

Forma de lámina foliar	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Romboidal	T1, 3183, 3197, 3247, 3253, T2, 3228, 3260, 3293, 3319, T3, 3355, 3335, T3, 3458, 3366, 3401, 3462, T2, 3581, 3603, 3655, 3662, 3670, 3586, T3, 3417, T1, 3696, 3698, 3784, 3858, 3878, 3885, T1, T3, 3907, T1, 3948, 3954, 3968, 3969, 15831	44	1	67,7
Triangular	3694, T2, 3538, 3531, 3697, 3709, T3, 3795, 3881, 3900, 3905, 3824,	12	2	18,5
Ancha ovada	3535, T1, 3485, 3492, 3921, T2, 3884, 3882, T2	9	3	13,8

De acuerdo a la información registrada en el Cuadro 53, donde se observa que existe una amplia variación en la variable formas de lámina foliar en las 65 accesiones; 44 accesiones pertenecen a la escala 1, presentando forma romboidal que equivale al 67,7%

del total de la población, también se observa 12 accesiones en la escala 2 con un porcentaje de 18,5%, y 9 accesiones con escala de valor 3, que constituyen formas anchas ovada, equivale al 13,8% con menor porcentaje.

Al respecto Tapia (1979), reportó formas de láminas foliar romboide; mientras Arteaga (1996), determinó láminas con formas romboidal y triangulares.

5.1.2.7. Borde de lámina foliar

Esta característica de borde de lámina foliar se expresa al extremo de la hoja también llamada margen, donde existen diferentes bordes de hojas en la planta de cañahua, entero (dientes ausentes), dentado (dientes presentes).

Cuadro 54. Descripción de la variable borde de lámina foliar

Forma de lámina foliar	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Entero (dientes ausentes)	T1, T2, 3260, 3319, T3, 3355, 3458, 3366, 3462, T2, 3535, 3662, 3670, 3586, T3, T1, 3698, 3921, 3884, 3907, T1, 3954, 3968, 3969, 15831	25	1	61,5
Dentado (dientes presentes)	3183, 3197, 3247, 3253, 3228, 3293, 3335, T3, 3401, 3581, 3603, 3655, T1, 3694, 3485, T2, 3492, 3538, 3417, 3696, 3531, 3697, 3709, 3784, T3, 3795, 3858, 3878, T2, 3881, 3885, T1, 3900, T3, 3905, 3882, 3824, 3948, T2, 15843	40	2	38,5

En el Cuadro 54, muestra la variación para la variable borde de lámina foliar, de 65 accesiones evaluadas, donde 25 accesiones de la escala 1 corresponden a entero (dientes ausentes), que presenta el 61,5% del total de las accesiones; mientras 40 accesiones son de la escala 2, dentado (dientes presentes), con un 38,5%, de menor porcentaje en la población de germoplasma de cañahua.

5.1.2.8. Grado de dehiscencia

Esta variable se encuentra directamente influenciada por los días a la madurez fisiológica que presentan las accesiones estudiadas. En la que la pérdida de granos es uno de los principales problemas en la producción de cañahua, esta característica hace que el productor no pueda elegir este cultivo para producción en superficies extensas. El desgrane es una de las características principales de especies semi-domesticadas cultivadas. La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) (localmente conocido como cañahua, cañihua o kañawa), sigue siendo una especie de cultivo semi-domesticadas con respecto a rasgo de dehiscencia, que comienza poco después de la floración hasta la madurez fisiológica, si este aspecto no se toma en cuenta, la pérdida de granos llegaría hasta un 30% durante la antesis de la cosecha.

Los resultados obtenidos en el Cuadro 55, donde se observa una amplia variación en las 65 accesiones; 24 accesiones pertenecen a la escala 3, presentando grado de dehiscencia ligera que equivale al 36,9% del total de la población, también se observa un grupo de 37 accesiones (56,9%) con escala de valor 5 que tiene grado dehiscente regular; mientras un menor grupo de 4 accesiones presentan grado persistente con un porcentaje de 6,2%.

Cuadro 55. Descripción de la variable grado de dehiscencia

Grado de dehiscencia	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Ligera	3183, 3253, T2, 3335, 3401, 3581, 3694, 3586, 3485, T2, 3492, 3538, 3417, 3696, 3531, 3698, 3697, 3784, 3795, 3921, 3884, 3885, T3,	24	3	36,9

	15831			
Persistente	T1, 3900, 3905, 3824	4	7	6,2
Regular	T1, 3197, 3247, 3228, 3260, 3293, 3319, T3, 3355, T3, 3458, 3366, 3462, T2, 3535, 3603, 3655, T1, 3662, 3670, T3, T1, 3709, T3, 3858, 3878, T2, 3881, 3907, 3882, T1, 3948, 3954, 3968, 3969, T2, 15843	37	5	56,9

El desgrane es una de las características principales de especies semi-domesticadas cultivadas. La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) (localmente conocido como cañahua, cañihua o Kañawa), sigue siendo una especie de cultivo semi-domesticadas con respecto a rasgo de dehiscencia, que comienza poco después de la floración hasta la madurez fisiológica, si este aspecto no se toma en cuenta, la pérdida de granos puede llegar hasta un 30% durante la antesis y antes de la cosecha (Rodríguez *et al.*, 2012).

5.1.2.9. Color de perigonio

El perigonio es la capa externa del grano de la cañahua, que varía según el cuadro de colores para vegetales basado en Munsell donde se identificaron cinco tonos o estados de color de perigonio.

Cuadro 56. Descripción de la variable color de perigonio

Color de perigonio	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Anaranjado	T3, 3293, 3319, T3, 3458, T3, 3535, T3, 3538, T3,	10	15	15,4
Dorado	3366	1	14	1,5

Gris	3462, 3603, 3485, 3885, 15831	5	24	7,7
Morado	3417	1	23	1,5
Pajizo	3197, 3247, 3253, 3228, 3260, 3581, 3655, 3694, 3531, 3697, 3709, 3795, 3858, 3878, 3881, 3900, 3905, 3907, 3824, 3948, 3954, 3968, 15843	23	9	35,4
Púrpura	3355, 3335, 3401, 3586, 3882	5	22	7,7
Rojo	3921	1	16	1,5
Rosado	3670	1	12	1,5
Verde amarillento	3662, 3784, 3183	3	3	4,6
Verde claro	T1, T2, 3492, T1, T2, 3696, T1, 3698, T1, T2, 3884, T2, 3969, T1, T2,	15	5	23.1

Los resultados obtenidos para el carácter color de perigonio, se presenta en el Cuadro 56, donde se observa un grupo formado por 10 accesiones presenta color anaranjado que equivale a 15,4% del total de la población; 15 accesiones son de color verde claro que corresponde a la escala 5 con el 23,1%, 3 grupos formados de una accesión que presentan tonos de color dorado, rojo y rosado con porcentajes bajos de 1,5%, en escala de valor (12, 14 y 16), seguido de 3 accesiones con perigonio de color verde amarillento que equivale a 4,6% respectivamente, así mismo, 2 grupos formados por cinco accesiones con estados de color gris y púrpura y otro grupo formado por 23 accesiones

presentando el color pajizo que corresponde al 35,4% de la población total del germoplasma de cañahua.

5.1.2.10. Color de pericarpio

El pericarpio es parte del fruto que rodea la semilla y protege contra las inclemencias del medio ambiente y los animales. Adquiere una coloración casi similar a la planta. El pericarpio de esta especie es delgado con apariencia membranosa. Según el cuadro de colores para vegetales basado en Munsell se identificaron seis tonos o estados de color de pericarpio (Cuadro 57).

Cuadro 57. Descripción de la variable color de pericarpio

Color de perigonio	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Amarillo	3319, 3366, 3535, 3538, 3784	5	2	7,7
Canela	3355	1	10	1,5
Crema oscura	3247	1	8	1,5
Dorado	3293, T3 (4)	6	14	9,2
Gris	T2, 3562, T2, 3485, T2, T2, 3885, T2, 15831	9	24	13,8
Morado	3417	1	23	1,5
Pajizo	T1, 3183, 3197, 3253, 3228, 3260, 34583603, 3655, T1, 3662, 3670, 3694, 3492, T1, 3696, 3531, 3698, 3697, 3709, 3795, 3921, 3858, 3878, 3881,	37	9	56,9

	3884, T1, 3900, 3905, 3907, T1, 3824, 3948, 3954, 3968, 3969, 15843			
Púrpura	3335, 3401, 3581, 3882	4	22	6,2
Púrpura pálida	3586	1	21	1,5

Se puede observar en el Cuadro 57, que existe una amplia variación de tono de color en el pericarpio presente en las 65 accesiones; 5 accesiones con 7,7%, pertenecen a la categoría 2, con estados de color amarillo, también se observa a un grupo de una accesión de 1,5%, recodificados con el valor (8, 10 y 21), que presenta el color de pericarpio (crema oscuro, canela y purpura pálido), también otro grupo formado por 6 accesiones (9,2%) recodificados con el valor de escala 14, con el color dorado; a su vez, un grupo de 9 accesiones con 13,8%, con el color gris y otro grupo formado 4 accesiones que presenta el color purpura respectivamente, así mismo, un grupo formado por 37 accesiones con estados de color pajizo que corresponde al 56,9% de la población total del germoplasma de cañahua.

Arteaga (1996), reportó accesiones de cañahua con tonos de color en el pericarpio que varían desde negro, café oscuro, café claro, plomo, gris, café amarillento, café naranja café rojizo hasta naranja. Mientras, Calle (1980), reportó ecotipos de cañahua con presencia de colores que varían desde un ceniciento hasta un pardo oscuro y con tendencias al color de la planta.

5.1.2.11. Vigor de emergencia

En el Cuadro 58, se puede apreciar el comportamiento del vigor de emergencia que es un carácter cualitativo, que posiblemente sea un indicador de las plantas a los factores adversos durante el desarrollo del cultivo.

Cuadro 58. Descripción de la variable vigor de emergencia

Vigor de emergencia	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Malo	3247, T2, 3293, 3319, T3, 3366, 3401, 3462, T2, 3535, 3655, T1, 3662, 3694, 3586, 3485, T2, 3492, 3538, T3, 3417, T1, 3696, 3531, 3698, 3784, T3, 3795, 3858, T2, T1, 3969, T1	34	1	52,3
Regular	T1, 3197, 3253, 3228, 3260, 3335, 3458, 3581, 3603, 3670, 3697, 3709, 3921, 3878, 3881, 3884, 3885, 3900, T3, 3905, 3907, 3882, 3824. 3948, 3954, 3968, T2, 15831, 15843	29	2	44,6
Bueno	3183, 3355	2	3	3,1

Se observa en el Cuadro 58, que existe un grupo formado por 34 accesiones (52,3%) que presenta un vigor a la emergencia malo, 44,6% del germoplasma presenta una emergencia regular que equivale a 29 accesiones mientras, el 3,1% presenta una emergencia bueno (2 accesiones), este último representa el carácter con menor manifestación de toda la colección del germoplasma de cañahua.

Arteaga (1996), al caracterizar accesiones de cañahua llegó a los siguientes resultados: accesiones con emergencia poco vigorosa, y muy vigorosa. La variación es notoria para esta variable como puede observarse en los resultados obtenidos en el presente trabajo; ésta diferencia podría explicarse probablemente a la viabilidad de la semilla y a las diferentes condiciones climáticas en que fueron evaluadas.

5.1.2.12. Forma de grano

El grano de cañahua tiene forma de pequeñas esferas, son diminutas generalmente alrededor de 1 a 1.5 mm de diámetro. La forma redondeada y diminuta del grano de cañahua es una de las características distintivas y se asemeja a la forma de las semillas de amaranto o quinua.

Cuadro 59. Descripción de la variable forma de grano

Forma de grano	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Sub cilíndrico	3183, 3197, 3247, 3253, T2, 3228, 3293, 3319, 3355, 3335, 3458, 3366, 3401, 3462, T2, 3535, 3581, 3603, 3655, 3662, 3670, 3694, 3586, 3485, T2, 3492, 3538, 3417, 3531, 3698, 3697, 3709, 3784, 3795, 3921, 3858, 3878, T2, 3881, 3885, 3900, 3905, 3882, 3824, 3948, 3954, 3968, 3969, T2, 15831, 15843	51	1	78,5
Cónico	T1, 3260, T3, T1, T3, T1, T3, 3696, T3, 3884, T1, T3, 3907, T1	14	2	21,5

En el Cuadro 59, se registra los datos existentes, donde se observa un grupo formado por 51 accesiones que presenta la forma de grano sub cilíndrico porcentaje que equivale a 78,5% a la escala de valor 1, mientras, el 21,5% presenta la forma cónica que corresponde a 14 accesiones a la escala de valor 2.

5.1.2.13. Borde de grano

El borde de grano de la cañahua es la parte externa del grano de cañahua, un pseudocereal similar a la quinua. Contiene la cascara o cubierta que protege el núcleo del grano y suele eliminarse durante el proceso de limpieza antes de su consumo.

Cuadro 60. Descripción de la variable borde de grano

Borde de grano	Accesiones	Frecuencia	Categoría	Porcentaje, %
Afilado	3197, 3260, 3401, 3462, T2, 3492, T2, 3538, 3417, 3921, 3858, T3, 3905, 3907, 3882, T1,	16	1	24,6
Redondeado	T1,3183, 3247, 3253, T2, 3228, 3293, 3319, T3, 3355, 3335, T3, 3458, 3366, 3535, 3581, 3603, 3655, T1, 3662, 3670, 3694, 3586, 3485, T3, T1, 3696, 3531, 3698, 3697, 3709, 3784, T3, 3795, 3878, T2, 3881, 3884, 3885, T1, 3900, 3824, 3948, 3954, 3968, 3969, T2, 15831, 15843	49	2	75,4

De acuerdo a la información registrada, en el Cuadro 60, se muestra variación para el borde grano, se reporta como resultado que de las 65 accesiones evaluadas 16 accesiones corresponden al borde de grano afilado, que presenta el 24,6% del total de las accesiones, mientras 49 accesiones son de borde redondeado con un 75,4%, a través de esta característica se llega a diferenciar bodes de grano en las accesiones sobre la base de las escalas reportadas.

5.1.2.14. Susceptibilidad abiótica/biótico

La susceptibilidad abiótica se refiere a la predisposición de un entorno o sistema a ser afectado por factores no vivos, como temperaturas extremas, irradiación, cambios en la química del suelo, el uso de maquinaria u otras herramientas de labranza. La susceptibilidad biótica se relaciona con la predisposición de organismos vivos, animales, insectos, hongos, bacterias y patógenos, malezas y plantas nativas.

Cuadro 61. Descripción de la variable susceptibilidad abiótico/biótico

Susceptibilidad abiótica/biótico	Categoría	Frecuencia	Porcentaje, (%)
Alta (abiótico)	1	65	100,00
Muy baja (biótico)	1	65	100,00

Según el Cuadro 61, se observa una alta variación de esta característica sobre la base de los descriptores, para la variable susceptibilidad abiótica las 65 accesiones presentan una susceptibilidad alta con el 100%, en la escala de valor 1, según la información registrada se observa que no fue afectado por factores de temperatura extrema, sequía o inundaciones. A su vez la susceptibilidad biótica de igual manera presenta el 100% en las 65 accesiones constituye a la susceptibilidad muy baja que pertenece a la escala 1, donde no se observa que no fue afectado por organismos vivos como (animales, insectos, bacterias o patógenos).

5.2. Análisis multivariado

5.2.1. Análisis de correlación

Con el propósito de determinar los patrones de variación del germoplasma de cañahua, se procedió a realizar el cálculo de las correlaciones cruzadas entre todas las variables cuantitativas, llegando a formar una matriz de correlaciones que constituye un elemento de ayuda en la selección durante el proceso de investigación.

La cual se presenta la matriz de correlación entre cada par de características cuantitativas, donde la mayoría de las correlaciones fueron altamente significativos ($P \leq 0,001$). Se consideró que los valores del coeficiente de correlación $> 0,239$ corresponden a asociaciones correlaciona entre cada par de características y que presentan una asociación altamente significativa (Little y Hills, 1991).

5.2.2. Análisis de componentes principales

El análisis de la matriz de componentes con rotación ortogonal se utiliza como un instrumento de discusión e interpretación de los resultados obtenidos, donde la participación de cada componente principal indica el grado de contribución de cada variable original y su asociación a cada componente principal. A mayor valor de los coeficientes, mayor será su contribución en la discriminación de las accesiones; así mismo, dentro de cada componente principal las variables están correlacionadas.



Para una mejor observación de las variables se procedió a la construcción de un plano generado por los tres primeros componentes principales, ya que por definición es el plano sobre el cual se puede observar una información más representativa de la calidad de representación de una variable (Ferrán, 2001).

En la Cuadro 62, se puede apreciar de manera mucho más clara los análisis de componentes principales de las 20 variables cuantitativas, donde las variables fenológicas: días a emergencia, días a ramificación, días a 50% de floración, son las que tienen correlación dentro de este grupo así mismo, se hallan alejados del origen del subespacio 1. Esto significa que las variables correspondientes a un determinado subconjunto están positivamente correlacionadas, lo cual es lógico si se tiene en cuenta el coeficiente de correlación entre estas variables. Así mismo, las variables diámetro de grano, peso hectolítrico y cobertura vegetal están relacionadas en forma secundaria a este componente; por ende, accesiones con mayores días a emergencia, días ramificación y al 50% de floración.

Las variables agronómicas número de ramas primarias, rendimiento de grano por planta e índice de cosecha se encuentran cerca del origen del subespacio 2; por lo tanto, son variables que tienen correlación representadas en este componente. Esto representa que mayor número de ramas primarias, mayor cobertura vegetal, mayor rendimiento de grano por planta, existirá mayor índice de cosecha. Por lo tanto, se tiene a las siguientes variables días a madurez fisiológica, días a grano lechoso, peso de broza y peso de mil granos están relacionadas de forma secundaria a componente 2; lo cual indica que las accesiones con mayor número de ramas, y rendimiento de grano por planta.

Las variables morfológicas de hoja: ancho de lámina, longitud de lámina, longitud de peciolo y número de plantas, se encuentran cerca del subespacio 3 y presentan un ángulo de separación muy estrecho entre las variables; por lo tanto, tienen una correlación más alto dentro de este grupo. Así mismo, las variables altura de planta, diámetro de tallo principal y número de plantas están correlacionadas en forma secundaria con este componente; por ende, accesiones con mayor longitud y ancho de lámina le corresponde mayor número de plantas.

Cuadro 62. Matriz de componentes principales método de extracción para las accesiones de cañahua

Variables	Componentes principales	
	1°	2°
Altura de la planta	0,34	-0,05
Diámetro de tallo central	0,24	-0,01
Número de ramas primarias	0,21	0,04
Cobertura vegetal	-0,05	0,01
Longitud de peciolo	0,22	-0,08
Longitud máxima de lámina foliar	0,29	-0,06
Ancho máximo de lámina foliar	0,26	-0,08
Diámetro de grano	-0,02	0,13
Peso de 1000 granos	0,16	0,01
Peso hectolítrico	-0,09	0,07
Rendimiento de grano por planta	0,3	0,19
Índice de cosecha	0,12	0,12
Días a emergencia	-0,34	0,12
Días a ramificación	-0,34	0,12
Días a 50% de floración	-0,33	0,15
Días a grano lechoso	0,07	0,54
Días a grano pastoso	0,07	0,54
Días a la madurez fisiológica	0,06	0,49
Número de plantas	0,1	-0,07
Peso de broza	0,28	0,13
Valores propios	1,55	2,31
Varianza total %	27.5	14.9

Método de extracción: Análisis de componentes principales

5.2.3. Análisis de conglomerados

Con el método de la distancia Euclidiana se procedió a realizar el análisis de aglomeración de las accesiones de cañahua, Donde la distancia entre dos conglomerados es la suma de los cuadrados entre dos conglomerados sumados para todas las variables así mismo, para minimizar las diferencias dentro de los conglomerados se muestra el dendrograma de las 53 accesiones, el cual muestra a partir de la línea de corte tres grupos claramente definidos, lo que permite inferir la presencia de dos grupos diferentes de cañahua.

Una vez identificados los grupos en estudio, y con el fin de diferenciar las características sobre salientes de cada una de las variables en cada grupo, se realizó la caracterización

de grupo, el cual se basa en la descripción de las características de los grupos y de las características que difieren significativamente entre los grupos. Tomando en cuenta la cantidad de accesiones se procedió a la identificación de cada uno de los grupos clasificados en las accesiones de cañahua.

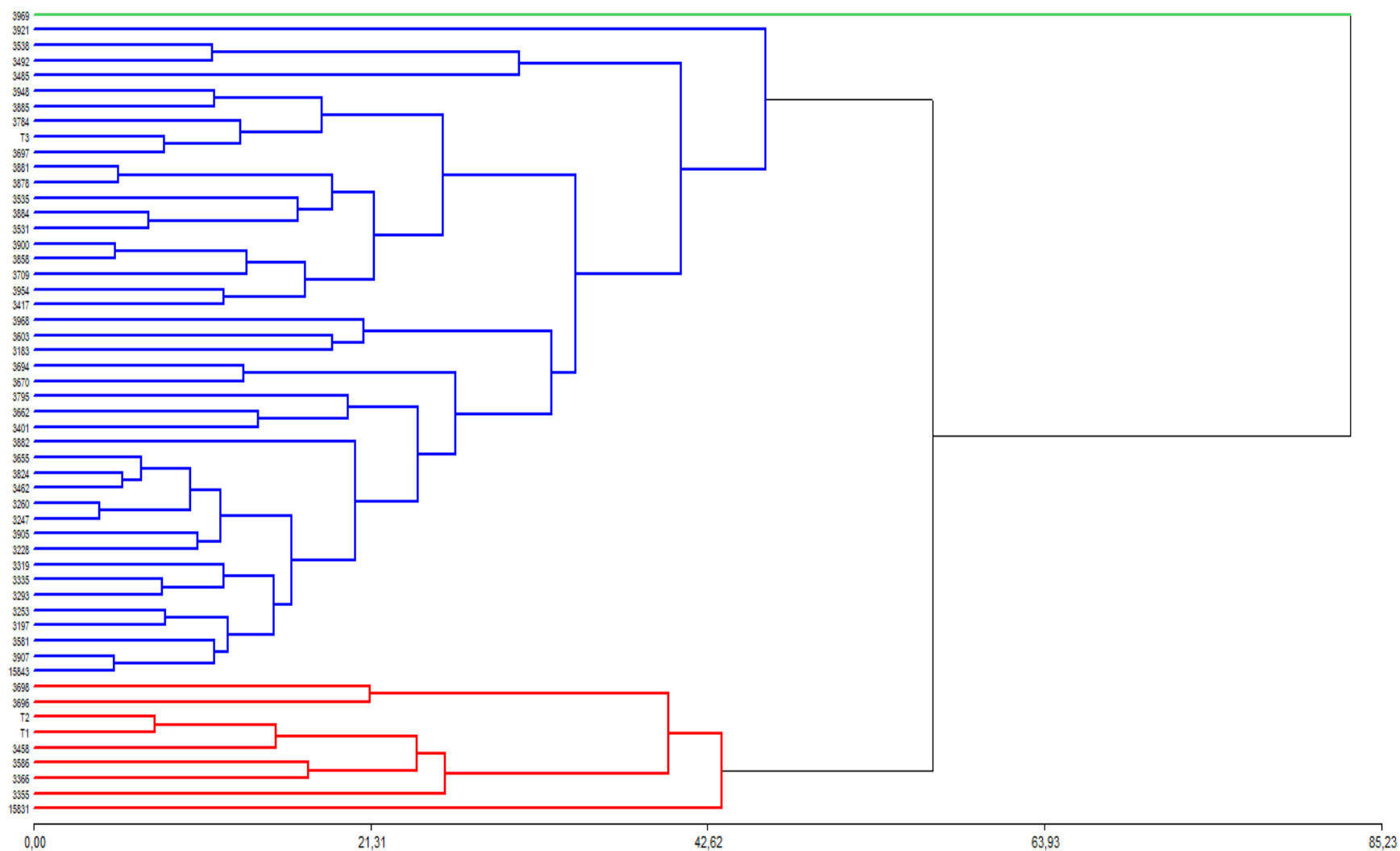


Figura 16. Análisis de conglomerados (Dendograma)

5.2.4. Caracterización de grupos

Con el propósito de tener una perspectiva de la variabilidad de las accesiones de cañahua, se muestra las características de los tres grupos identificados a través del análisis de conglomerados, con relación a las variables caracterizadas y evaluadas de cañahua.

Cuadro 63. Caracterización del grupo 1

Conglomerado	Variables	n	media	CV%	Min	Max
1	Días a emergencia (días)	1	18	3.3	18.00	23.00
1	Días a ramificación (días)	1	28	1.8	28.00	33.00
1	Días a 50% de floración (días)	1	75	0.8	75.00	80.00
1	Días a grano lechoso (días)	1	90	2.5	86.00	90.00
1	Días a grano pastoso (días)	1	109	2.1	105.00	109.00
1	Días a madurez fisiológica (días)	1	141	3.6	132.00	141.00
1	Longitud máxima de lámina foliar (mm)	1	28	14.3	22.40	43.60
1	Ancho máximo de lámina foliar (mm)	1	18	20.5	13.20	34.80
1	Longitud de peciolo (cm)	1	0.84	25.8	0.40	1.88
1	Altura de planta (cm)	1	35.6	25.7	10.80	43.40
1	Cobertura vegetal (cm)	1	13.2	37.1	6.60	33.60
1	Número de ramas primarias (n°)	1	4.6	15.2	4.40	9.20
1	Diámetro de tallo central (mm)	1	0.42	12.6	0.28	0.84
1	Diámetro de grano (mm)	1	3.14	34.2	1.00	3.14
1	Peso de 1000 granos (g)	1	2.5	7.1	1.66	2.84
1	Peso hectolítrico (g/cc)	1	4.47	3.8	3.93	4.83
1	Rendimiento de grano por planta (g/pl)	1	44	29.3	7.00	83.00
1	Índice de cosecha (n°)	1	19.05	40.8	12.50	46.94
1	Número de plantas (n°)	1	12	34.2	2.00	26.00
1	Peso de broza (g)	1	187	36.7	26.00	285.00

Cuadro 64. Caracterización del grupo 2

Conglomerado	Variables	n	media	CV%	Min	Max
2	Días a emergencia (días)	43	18	3.3	18.00	23.00
2	Días a ramificación (días)	43	28	1.8	28.00	33.00
2	Días a 50% de floración (días)	43	75	0.8	75.00	80.00
2	Días a grano lechoso (días)	43	87.6	2.5	86.00	90.00
2	Días a grano pastoso (días)	43	106.6	2.1	105.00	109.00
2	Días a madurez fisiológica (días)	43	136.6	3.6	132.00	141.00
2	Longitud máxima de lámina foliar (mm)	43	33.03	14.3	22.40	43.60

2	Ancho máximo de lámina foliar (mm)	43	24.08	20.5	13.20	34.80
2	Longitud de peciolo (cm)	43	0.76	25.8	0.40	1.88
2	Altura de planta (cm)	43	30	25.7	10.80	43.40
2	Cobertura vegetal (cm)	43	17.98	37.1	6.60	33.60
2	Número de ramas primarias (n°)	43	6.42	15.2	4.40	9.20
2	Diámetro de tallo central (mm)	43	0.47	12.6	0.28	0.84
2	Diámetro de grano (mm)	43	1.15	34.2	1.00	3.14
2	Peso de 1000 granos (g)	43	2.41	7.1	1.66	2.84
2	Peso hectolítrico (g/cc)	43	4.43	3.8	3.93	4.83
2	Rendimiento de grano por planta (g/pl)	43	41.55	29.3	7.00	83.00
2	Índice de cosecha (n°)	43	23.06	40.8	12.50	46.94
2	Número de plantas (n°)	43	12.23	34.2	2.00	26.00
2	Peso de broza (g)	43	137.5	36.7	26.00	285.00

Cuadro 65. Caracterización del grupo 3

Conglomerado	Variables	n	media	CV%	Min	Max
3	Días a emergencia (días)	9	21.59	3.3	18.00	23.00
3	Días a ramificación (días)	9	31.35	1.8	28.00	33.00
3	Días a 50% de floración (días)	9	78.47	0.8	75.00	80.00
3	Días a grano lechoso (días)	9	87.41	2.5	86.00	90.00
3	Días a grano pastoso (días)	9	106.4	2.1	105.00	109.00
3	Días a madurez fisiológica (días)	9	136.7	3.6	132.00	141.00
3	Longitud máxima de lámina foliar (mm)	9	31.7	14.3	22.40	43.60
3	Ancho máximo de lámina foliar (mm)	9	22.24	20.5	13.20	34.80
3	Longitud de peciolo (cm)	9	0.75	25.8	0.40	1.88
3	Altura de planta (cm)	9	24.4	25.7	10.80	43.40
3	Cobertura vegetal (cm)	9	19.72	37.1	6.60	33.60
3	Número de ramas primarias (n°)	9	5.92	15.2	4.40	9.20
3	Diámetro de tallo central (mm)	9	0.42	12.6	0.28	0.84
3	Diámetro de grano (mm)	9	1.19	34.2	1.00	3.14
3	Peso de 1000 granos (g)	9	2.54	7.1	1.66	2.84
3	Peso hectolítrico (g/cc)	9	4.5	3.8	3.93	4.83
3	Rendimiento de grano por planta (g/pl)	9	29	29.3	7.00	83.00
3	Índice de cosecha (n°)	9	22.95	40.8	12.50	46.94
3	Número de plantas (n°)	9	9.06	34.2	2.00	26.00
3	Peso de broza (g)	9	100.5	36.7	26.00	285.00

5.2.5. Grupo 1

Está formado por solo una accesión: lasta, como se puede apreciar en el Cuadro 66, caracterizado por albergar una sola accesión con un ciclo fenológico relativamente tardío: días a floración = 80 días y días a la madurez fisiológica = 141 días, siendo esta característica desfavorable por encontrarse expuesta a las inclemencias temporales por mayor tiempo y corriendo el riesgo de no alcanzar a la madurez fisiológica del grano.

Cuadro 66. Descripción del número de accesiones en cada grupo

Conglomerado	Número de accesiones	Saihua	Lasta	Pampalasta
1	1		3969	
2	43	3538, 3492, 3948, 3885, 3784, T3, 3881, 3878, 3535, 3531, 3183, 3882, 3655, 3253, 15843	3969, 3921, 3485, 3697, 3884, 3900, 3709, 3954, 3417, 3968, 3603, 3694, 3670, 3795, 3662, 3401, 3824, 3462, 3260, 3247, 3905, 3228, 3319, 3335, 3293, 3197, 3581, 3907	3858
3	9	T2, 3458,	3696, T1,	3698, 3586, 3366, 3355, 15831

En el Cuadro 66, se observa que este grupo está formado por solo una accesión de porte relativamente mediano con habito de crecimiento lasta, Altura de la planta = 10,80 cm, con número de ramas primarias = 4 ramas, y con láminas poco desarrolladas longitud de lámina = 28 mm, ancho de lámina = 18 mm; así mismo, de cobertura vegetal mediano (13.2 cm) como también el diámetro de tallo = 0,42 mm. Sucedió lo contrario, donde el rendimiento de grano por planta (44 g), y el índice de cosecha (19,05%), donde presento valores bajos en peso y en porcentaje.

5.2.6. Grupo 2

Este grupo es considerado como uno de los más importantes de toda la accesión de cañahua, está formado en su totalidad por 43 accesiones de las cuales 15 son saihua, 27 lastas y una pampalasta, como se puede apreciar en el cuadro 66, este grupo reúne a las accesiones con mayor altura de toda la accesión de cañahua; altura de planta = 23 cm, cobertura vegetal = 17.98 cm, mayor número de ramas = 9 ramas, diámetro de tallo = 0,47 mm con un rendimiento de grano por planta = 83 g y un índice de cosecha = 46,94%, material sobresaliente con relación a los otros grupos. Estas características podrían ser aprovechadas en trabajos de mejoramiento.

Así mismo presentan dimensiones de láminas grandes; longitud de lámina = 33 mm, ancho de lámina = 24 mm.

5.2.7. Grupo 3

Este grupo clasificó a 9 accesiones (Cuadro 66), que se caracterizan por albergar a plantas de hábito de crecimiento pampalasta, ya que presentan el inicio de floración a los 18 días, los días al final de floración = 23 y a la madurez fisiológica a los 141 días, valores que son el promedio general de toda la colección de las accesiones de cañahua.

Por otro lado, este grupo se caracteriza por desarrollar plantas de este tipo de hábito de crecimiento, con altura de planta = 24 cm, número de ramas primarias = 9 ramas, cobertura vegetal = 19,72 cm, con láminas desarrolladas, longitud de lámina = 31 mm ancho de lámina = 22 mm; sin embargo, este grupo muestra índice de cosecha y rendimiento de grano por planta igual al grupo 2, este grupo está conformado por hábito de crecimiento pampalasta.

6. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en campo y realizando el análisis estadístico descriptivo para la caracterización de 50 accesiones de cañahua, que permite sustentar las siguientes conclusiones:

- Existe una amplia variabilidad genética en cuanto a las características de la planta de cañahua, por tanto, se ha obtenido índice de cosecha en un amplio rango de coeficiente de variación. A su vez, una amplia variabilidad en los caracteres cualitativos que conforman las accesiones de cañahua.
- Se reporta como resultado que, de 50 accesiones evaluadas, 22 accesiones corresponden al hábito de crecimiento saihua, que presenta el 33,8% del total de las accesiones, mientras, 36 accesiones son de hábito de crecimiento lasta con un 55,4%, así mismo, 7 accesiones con hábito de crecimiento pampalasta con un 10,8%, a través de esta característica se lleva a diferenciar accesiones de una misma especie y mediante este se conoce la variabilidad sobre la base de las escalas reportadas.
- Las variables número de ramas primarias, cobertura foliar, altura de planta, diámetro de tallo central se encuentran asociadas entre sí y tienen influencia directa con el rendimiento de grano por planta e índice de cosecha, lo cual indica mayor desarrollo de la planta con altos rendimientos de grano por planta es de 75,5 a 85,2 g e índice de cosecha de 28,3 a 34,7 g.
- La mayoría de las accesiones presentan regular vigor a la emergencia seguido de la categoría bueno y malo; de las 50 accesiones, 36 son lasta, 22 son saihua y 7 accesiones pampalasta; sin embargo, estos hábitos de crecimiento se encuentran distribuidos en los grupos.
- Durante la madurez fisiológica de las plantas, la mayoría de las accesiones que conforma este grupo presentan tonos de color amarillo, anaranjado seguido por los tonos pajizo, café rojizo, púrpura pálido y rojo, y la mayoría de las accesiones que conforman el otro grupo presentan, la forma de láminas romboidales.

7. RECOMENDACIONES

Por todo lo concluido anteriormente, se hace necesario y urgente implementar acciones para poder mejorar el manejo del cultivo de la cañahua y así obtener mejores resultados en cuanto al rendimiento por planta y caracteres cualitativos como cuantitativos. También podría justificar la demanda creciente que tiene este grano en los últimos años debido sobre todo a su alto valor nutritivo.

- Realizar similares trabajos de investigación utilizando accesiones y variedades, para conocer las características agro-morfológicas más preferibles, las cuales servirán para realizar trabajos de investigación, también para tomar decisiones respecto a las variedades a introducir a una determinada comunidad para la producción de grano.
- Evaluar las accesiones en otros pisos ecológicos, para ver si son vulnerables a las enfermedades y plagas, porque durante el estudio realizado el cultivo no tuvo ninguna plaga ni enfermedad.
- Realizar estudios bromatológicos de la cañahua sembrada y cosechada en distintos pisos ecológicos, para ver la variación de la cantidad de los nutrientes.
- Diversificar y multiplicar la producción de accesiones o variedades de cañahua en las comunidades del altiplano norte, central y sur, para que este importante cultivo se siga sembrando y no se extinga, porque es un alimento de alto contenido nutritivo para la alimentación.
- Difundir e incentivar el consumo local, departamental y nacional de los productos elaborados del grano de cañahua, participando en las ferias, congresos, conferencias, exposiciones acerca de los granos alto andinos que se realizan en diferentes lugares del país.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza Vidal. 2010. Manejo y Mejoramiento de Kañiwa. Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno, Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente-CIRNMA, Bioversity International y el International Fund for Agricultural Development-IFAD. Puno, Perú.
<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/11606/T-1030.pdf>
- Arteaga, Y. 1996. Caracterización preliminar y evaluación agronómica de 480 accesiones de germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Patacamaya. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Bazan, R. y J. Pinto 1992. Centro de investigaciones y transferencia de tecnología para ecosistemas frágiles Alto - Andinos, Ed. IICA. La Paz, Bolivia. 5 p.
- Bramardi, S. J. 2002. Análisis multivariado y su aplicación en la caracterización de recursos genéticos. Facultad de Ciencias Agrarias, Univ. Conahue, Estación Experimental INTA, Argentina. 60 p.
- Bravo, R.; Valdivia, R.; Andrade, K.; Padulosi, S.; Jäger, M. 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha 104 en Perú. Universidad nacional del Altiplano UNA – Puno. CIRNMA. Bioversiti Internacional. FIDA. Roma, Italia. 135 p.
- Benito, L. 1995. Diferentes densidades de siembra y distintas distancias entre surco en el rendimiento de dos formas botánicas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis de Ing. Universidad Técnica de Oruro, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Oruro – Bolivia. 95 p.
- Camargo, V. A. 2003. Variabilidad genética de la quinua silvestre que se conserva en Bolivia. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 106 p.
- Cano, V. I. 1973. El cultivo de la cañahua, Universidad Técnica del Altiplano, Facultad de Agronomía Puno, Perú. Boletín N.º 2. 10 p.

- Calle, CH. E. 1980. Morfología y variabilidad de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) cultivada en el Altiplano Boliviano Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Cbba, Bolivia. 88 p.
- Carrasco, R. 1988. Cultivos andinos, importancia nutricional y posibilidades de procesamiento en Centros de estudios rurales “Bartolomé de las Casas” Cuzco, Perú. 36 – 42 p.
- Copeticona, Q. R. 2000. Evaluación del comportamiento agronómico de tres cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en 2 épocas y formas de siembra en la comunidad de San José, Taraco. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 112 p.
- Coarite, M. 2014. Evaluación del desgrane de granos antes y después de la madurez fisiológica en seis cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en dos fechas de cosecha, en la comunidad Villa Patarani, provincia Aroma-La Paz. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Choquecallata, N. 2007. Introducción y evaluación participativa de accesiones selectas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la comunidad de Llaitani provincia Bolívar, del departamento de Cochabamba. Tesis Lic. Ing. Agr. Oruro, Bolivia.
- Crisci, J.; A. López. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica, secretaria general de la Organización de los Estados Americanos, Washington, EE.UU. 132 p.
- Cuba, R. 2005. Proceso productivo del cultivo de la Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en comunidades del Ayllu Majasya Mujlli. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas. Cochabamba, Bolivia. 190 p.
- Espitia, R. E., López, S. H., Micaela de la O Olán, Villaseñor, M. H. E., Peña B. R. J., Herrera, H. J. 2012. Calidad física de grano de trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) mexicanos de temporal. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 271-283 p.
- Figureras, S. 2000. Introducción al análisis multivariado, documento electrónico: <http://cibercarta.analizar.es/lección/100.HTM>.

- Ferrán, A. M. 2001. SPSS para Windows, análisis estadístico respecto a la primera Edición en español por McCRAW – HILL / Interamericana de España, S. A. V. 421 p.
- Flores, R. 2006. Evaluación preliminar agronómica y morfológica del germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la estación experimental Belén. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Flores, Ro. 2007. Evaluación participativa de líneas y accesiones promisorias de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en dos comunidades del cantón Chachacomani. Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Guarachi, E. 2011. Balance hídrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenaje suakollus. La Paz – Bolivia. Universidad Pública de El Alto. 96 p.
- Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización, Morfología de recursos Fitogenéticos. Boletín técnico N.º 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p
- INE (Instituto Nacional de Estadística); MDSP (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación); COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). 2009. Atlas estadístico de municipios. La Paz, Bolivia. 485 p.
- INE (Instituto Nacional de Estadística); MDSP (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación); COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). 2019. Atlas estadístico de municipios. La Paz, Bolivia. 127 p.
- INE, 2000. Encuesta Nacional Agropecuaria del 2008. “Instituto Nacional de Estadística”. La Paz, Bolivia. 249 p.
- IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, IT); PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos, BO); IFAD (International Fund for Agricultural Development, IT). 2005. Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). La Paz, Bolivia. IPGRI. 26 – 34 p.
- IPGRI, PROINPA e IFAD. 2005. Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Fundación

PROINPA, La Paz, Bolivia; International Fund for Agricultural Development, Roma – Italia.

Jaramillo, S.; M. Baena, 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación Ex situ de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Grupo Américas. Cali, Colombia. 122 p.
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7918/BVE19040219e.pdf>

Lescano, J. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos. Producciones CIMA. La Paz, Bolivia.

Lescano J, L. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altos andinos: Quinoa, cañahua, tarwi, kiwicha, papa amarga, ulluco, mashua y oca. Programa internacional de Waru – Waru convenio: INADE/PELT – COTESU. Puno, Perú. Editorial CIMA. 60 – 62, 91, 101, 150, 166, 167, 304 – 307 p.

LA FUENTE, C. 1980. Ensayo comparativo de 5 ecotipos y 5 líneas de cañahua en el altiplano central de Bolivia. Cochabamba-Bolivia. UMSS, Facultad de Ciencias Agrícolas y pecuarias. Tesis 74 p.

Little, T. M.; F. J. Hills, 1991. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. México. 270 p.

Marín P, W. 2002. Distanciamiento entre surcos y plantas en dos ecotipos de kañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. 18, 19 p.

Manrique, A. 1989. Conservación de los recursos fitogenéticos: Utilización de los recursos genéticos vegetales de interés para América del Sur. La Molina, Perú. 1 – 26 p.

Mujica, A.; Jacobsen, S.; Ortiz, R.; Canahua, A.; Apaza, V.; Aguilar, P.; Dupeyrat, R. 2002. La cañihua en la nutrición humana del Perú. INIA, CARE, CINFO, UNA- Puno, Perú.

Miranda, L.; N. Lizárraga.; G. Espíndola, 1979. Colección, estudio y conservación del banco de germoplasma de cañahua. Informe anual de la Estación Experimental de Patacamaya. IBTA – MACA. 89 – 94 p.

- Muñoz, G., Giraldo, G. y Fernández De Soto J. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Publicación CIAT N° 177. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 174 p.
- Pinto, M., 2008. Mapas de distribución potencial y de riesgos climáticos de las colecciones de germoplasma de quinua y cañahua. En Informe Anual 2008, Proyecto: Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Ed. Rojas, W. La Paz, Bolivia. http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v3n2/v3n2_a02.pdf
- Querol, D. 1988. Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Industrial Grafica. Lima, Perú. 207 p. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/12941?show=full>
- Quispe, A. 2002. Roles intrafamiliares en el sistema de producción agropecuaria en la cuenca media del río Keka, provincia Omasuyos del departamento de La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. 124 – 125 p.
- Quispe, T. R. 2003. Efecto de la fertilización con abonos líquidos orgánicos fermentados en cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. 38 – 57 p.
- Quisbert, M. L. 2003. Evaluación agronómica preliminar de 20 accesiones de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 26 – 65 p.
- Rojas, W; Pinto, M Y Soto, J. L. 2004. La erosión genética de la cañahua. (en línea). La Paz, Bolivia. PROINPA – Regional Altiplano. LEISA Revista de Agroecología. Consultado 14 mar. 2009.
- Rojas, W. 2008. Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos alto andinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Fase 2003-2008, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 49 p.
- Rojas, W.; M. Pinto.; A. Camargo, 2002. Caracterización y evaluación preliminar de la colección de germoplasma de cañahua. Informe final 2002. Actividades principales

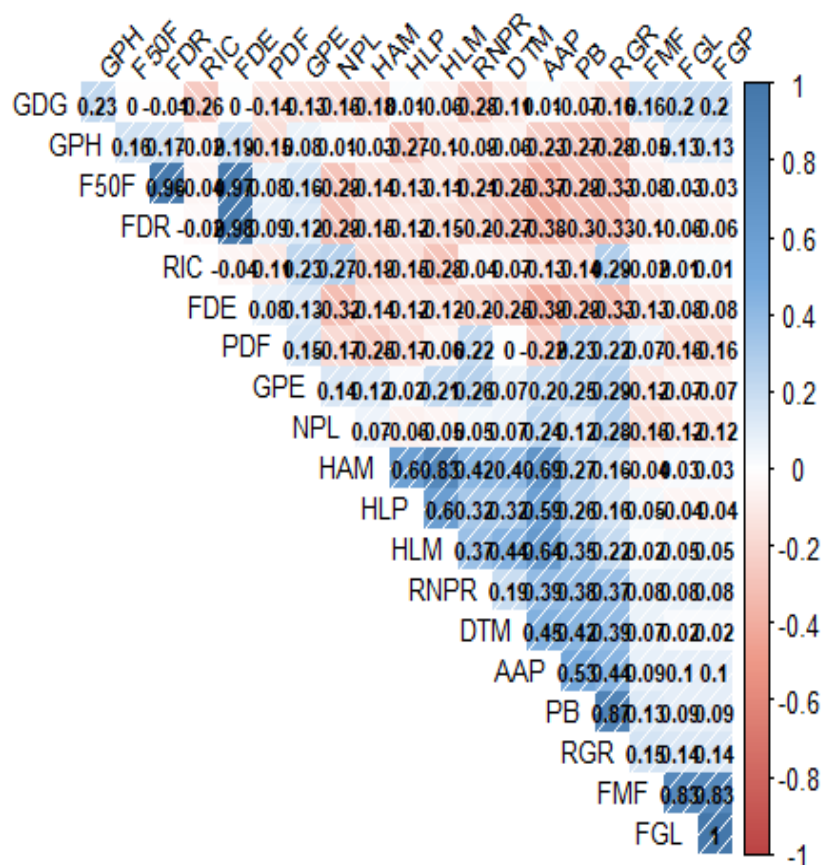
para el manejo, conservación y uso sostenible de bancos de germoplasma en Bolivia. PROINPA – SIBTA. 17 – 26 p.

- Rojas, W; Pinto, M. Bonifacio, A. Gandarillas, A. 2010. Banco de Germoplasma de Granos Andinos: Logros y Experiencias Desarrolladas en Quinua, Cañahua y Amaranto en Bolivia. Roma – Italia. 24-38 p.
- Rojas, W.; Pinto, M. 2003. Descriptores de cañahua y quinua, estandarizados para la región Andina. Informe 2002 – 2003. FUNDACIONPROINPA. La Paz, Bolivia. 15 p.
- Rojas, W; Pinto, M. Bonifacio, A. Gandarillas, A. 2010. Banco de Germoplasma de Granos Andinos: Logros y Experiencias Desarrolladas en Quinua, Cañahua y Amaranto en Bolivia. Roma – Italia. 24-38 p.
- Rea, J. 1985. Recursos fitogenéticos agrícolas de Bolivia, bases para establecer el sistema. Comité internacional de recursos fitogenéticos. Grupo consultivo de investigación agrícola internacional. La Paz, Bolivia. 51 p.
- Rodríguez, J., Sorensen, M., Andreasen, C., Orting, B., Pinto, M., Bonifacio, A., Bosque, H., Jacobsen, S. 2012. Rasgos de desgrane en *Chenopodium pallidicaule* como un atributo de semi-domesticación.
- Soto Mendizábal J. L. y E. Carrasco Gutiérrez., 2008. Estudio del valor real y potencial de la biodiversidad de los granos andinos (quinua, cañahua y amaranto en Bolivia). La Paz, Bolivia.
- Soto, J.L., Distribución geográfica de los granos andinos y variabilidad genética. En: Soto J.L., (Editor) 2009. El arte de los Granos Andinos. Bioersity, NUS-IFADII. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.
- Sarmiento, J. 1990. Guía para el manejo de plagas en cultivos Andinos subexplotados. Ed. FAO. Santiago de Chile-Chile. 114 p.
- Saravia, G. 1997. Análisis de las prácticas agroecológicas locales en relación a los cultivos y su apoyo a través de la investigación participativa: el caso de la comunidad de Japo, Prov. Tapacarí. Dpto. Cochabamba. Tesis de Ing. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias “Martín Cárdenas”. Cochabamba – Bolivia. 164 p.

- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2009. Datos agroclimáticos del municipio de Puerto Acosta, provincia Camacho. La Paz, Bolivia.
- Steel, R.; J. Torrie, 1988. Principles and procedures of statistics Mc – Graw Hill, New York. 622 p.
- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2 ed. Santiago, Chile. 53 – 61 p.
- Tapia, M.; Gandarillas, H.; Alandia S.; Cardozo A.; Mujica, A. 1979. La quinua y la Kañiwa: Cultivos andinos. CIID. IICA. Bogotá, Colombia.
- Valdivia, 2002. Caracterización participativa sobre usos, restricciones y oportunidades con comunidades y otros niveles de la cadena de Kañiwa con un enfoque de género. En: Informe Técnico Anual. Taller Proyecto: "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural de escasos recursos". Puno, Perú
- Valls, J. 1992. Caracterización morfológica, reproductiva y bioquímica de germoplasma vegetal. Memoria del curso Internacional: Recolección y evaluación de germoplasma forrajero andino Riobamba, Ecuador. 105 – 119 p.
- Woods, P. y Eyzaguirre, P. 2004. La cañahua merece regresar. Editorial LEISA. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/5131?show=full>
- Yapu, V. J. F. 2020. Evaluación agromorfológica de variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) bajo diferentes niveles de ali ch'amanchiri en la estación experimental de kallutaca. Tesis de grado. Upea, el alto, Bolivia.

9. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de correlación



Anexo 2. Comparación de medias de las accesiones de cañahua

Arquitectura		
AAP		
Conglomerado	Media	
3	35,6	a
2	30	a b
1	24,4	b
Tallo		
DTC		
Conglomerado	Media	
2	0,47	a
3	0,42	a
1	0,42	a

Ramificación					
RNRP			CV		
Conglomerado	Media		Conglomerado	Media	
2	6,42	a	1	19,72	a
1	5,92	a	2	17,98	a
3	4,6	a	3	13,2	a

Hoja								
HLP			HLM			HAM		
Conglomerado	Media		Conglomerado	Media		Conglomerado	Media	
3	0,84	a	2	33,03	a	2	24,08	a
2	0,76	a	1	31,7	a	1	22,24	a
1	0,7	a	3	28	a	3	18	a

Grano								
GDG			GPEM			GPH		
Conglomerado	Media		Conglomerado	Media		Conglomerado	Media	
3	3,14	a	1	2,54	a	1	4,5	a
1	1,19	b	3	2,5	a	3	4,47	a
2	1,15	b	2	2,41	a	2	4,43	a
GRG			IC					
Conglomerado	Media		Conglomerado	Media				
3	44	a	2	23,06	a			
2	41,55	a	1	22,95	a			
1	29	a	3	19,05	a			

Fenológicas								
FDE			FDR			F°F		
Conglomerado	Media		Conglomerado	Media		Conglomerado	Media	
1	21,59	a	1	31,35	a	1	78,47	a
3	18	b	3	28	b	3	75	b
2	18	b	2	28	b	2	75	b

FGL			FGP			FMF		
Conglomerado	Media		Conglomerado	Media		Conglomerado	Media	
3	90	a	3	109	a	3	141	a
2	87,62	a	2	106,62	a	2	136,6	a
1	87,41	a	1	106,41	a	1	135,71	a

NPL			PB		
Conglomerado	Media		Conglomerado	Media	
2	12,23	a	3	187	a
3	12	a	2	137,51	a
1	9,06	a	1	102,53	a

Anexo 3. Estadísticos descriptivos

Variable	Observaciones	Obs. con datos	Obs. sin datos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
AAP	65	0	65	10,800	43,400	28,621	6,463
DTM	65	0	65	0,280	0,840	0,454	0,086
RNPR	65	0	65	4,400	9,200	6,258	1,066
PDF	65	0	65	6,600	33,600	18,364	6,498
HLP	65	0	65	0,400	1,880	0,747	0,214
HLM	65	0	65	22,400	43,600	32,605	4,077
HAM	65	0	65	13,200	34,800	23,508	4,029
GDG	65	0	65	1,000	3,140	1,190	0,351
GPE	65	0	65	1,660	2,840	2,445	0,251
GPH	65	0	65	3,930	4,830	4,450	0,202
RGR	65	0	65	7,000	83,000	38,308	17,842
RIC	65	0	65	12,500	46,940	22,972	4,921
FDE	65	0	65	18,000	23,000	18,938	1,657
FDR	65	0	65	28,000	33,000	28,877	1,536
F50F	65	0	65	75,000	80,000	75,908	1,598
FGL	65	0	65	86,000	90,000	87,600	1,975
FGP	65	0	65	105,000	109,000	106,600	1,975
NPL	65	0	65	2,000	26,000	11,400	4,743
PB	65	0	65	26,000	285,000	129,123	57,369

Anexo 4. Matriz de correlaciones (Pearson)

Variables	AAP	DTM	RNPR	PDF	HLP	HLM	HAM	GDG	GPE	GPH	RGR	RIC	FDE	FDR	F50F	FGL	FGP	NPL	PB
AAP	1	0,455	0,394	-0,222	0,593	0,644	0,694	0,011	0,197	-0,232	0,438	-0,127	-0,393	-0,385	-0,371	0,097	0,097	0,244	0,529
DTM	0,455	1	0,191	0,004	0,323	0,441	0,404	-0,110	0,073	-0,058	0,391	-0,069	-0,249	-0,272	-0,251	0,022	0,022	0,067	0,424
RNPR	0,394	0,191	1	0,220	0,324	0,368	0,421	-0,277	0,264	-0,090	0,370	-0,039	-0,200	-0,198	-0,206	0,080	0,080	0,048	0,385
PDF	-0,222	0,004	0,220	1	-0,172	-0,057	-0,250	-0,136	0,153	-0,154	0,222	-0,108	0,082	0,089	0,076	-0,161	-0,161	-0,173	0,232
HLP	0,593	0,323	0,324	-0,172	1	0,601	0,596	0,014	0,021	-0,273	0,163	-0,147	-0,122	-0,119	-0,133	-0,043	-0,043	-0,062	0,264
HLM	0,644	0,441	0,368	-0,057	0,601	1	0,828	-0,065	0,212	-0,100	0,216	-0,284	-0,124	-0,153	-0,109	0,047	0,047	-0,045	0,355
HAM	0,694	0,404	0,421	-0,250	0,596	0,828	1	-0,181	0,122	-0,025	0,161	-0,190	-0,144	-0,146	-0,137	0,027	0,027	0,069	0,268
GDG	0,011	-0,110	-0,277	-0,136	0,014	-0,065	-0,181	1	-0,135	0,228	-0,165	-0,257	0,001	-0,007	0,000	0,203	0,203	-0,162	-0,066
GPE	0,197	0,073	0,264	0,153	0,021	0,212	0,122	-0,135	1	0,077	0,290	0,232	0,135	0,120	0,157	-0,069	-0,069	0,139	0,250
GPH	-0,232	-0,058	-0,090	-0,154	-0,273	-0,100	-0,025	0,228	0,077	1	-0,283	-0,021	0,191	0,170	0,161	0,129	0,129	0,013	-0,267
RGR	0,438	0,391	0,370	0,222	0,163	0,216	0,161	-0,165	0,290	-0,283	1	0,286	-0,326	-0,329	-0,325	0,138	0,138	0,284	0,871
RIC	-0,127	-0,069	-0,039	-0,108	-0,147	-0,284	-0,190	-0,257	0,232	-0,021	0,286	1	-0,041	-0,022	-0,044	0,013	0,013	0,270	-0,144
FDE	-0,393	-0,249	-0,200	0,082	-0,122	-0,124	-0,144	0,001	0,135	0,191	-0,326	-0,041	1	0,979	0,965	-0,084	-0,084	-0,317	-0,294
FDR	-0,385	-0,272	-0,198	0,089	-0,119	-0,153	-0,146	-0,007	0,120	0,170	-0,329	-0,022	0,979	1	0,963	-0,058	-0,058	-0,291	-0,304
F50F	-0,371	-0,251	-0,206	0,076	-0,133	-0,109	-0,137	0,000	0,157	0,161	-0,325	-0,044	0,965	0,963	1	-0,032	-0,032	-0,290	-0,289
FGL	0,097	0,022	0,080	-0,161	-0,043	0,047	0,027	0,203	-0,069	0,129	0,138	0,013	-0,084	-0,058	-0,032	1	1,000	-0,116	0,091
FGP	0,097	0,022	0,080	-0,161	-0,043	0,047	0,027	0,203	-0,069	0,129	0,138	0,013	-0,084	-0,058	-0,032	1,000	1	-0,116	0,091
NPL	0,244	0,067	0,048	-0,173	-0,062	-0,045	0,069	-0,162	0,139	0,013	0,284	0,270	-0,317	-0,291	-0,290	-0,116	-0,116	1	0,123
PB	0,529	0,424	0,385	0,232	0,264	0,355	0,268	-0,066	0,250	-0,267	0,871	-0,144	-0,294	-0,304	-0,289	0,091	0,091	0,123	1

Los valores de negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa = 0,05

Anexo 5. Valores de-p

Variables	AAP	DTM	RNPR	PDF	HLP	HLM	HAM	GDG	GPE	GPH	RGR	RIC	FDE	FDR	F50F	FGL	FGP	NPL	PB
AAP	0	0,000	0,001	0,076	0,000	0,000	0,000	0,930	0,115	0,063	0,000	0,313	0,001	0,002	0,002	0,443	0,443	0,050	0,000
DTM	0,000	0	0,127	0,975	0,009	0,000	0,001	0,384	0,564	0,648	0,001	0,582	0,045	0,029	0,044	0,861	0,861	0,597	0,000
RNPR	0,001	0,127	0	0,078	0,008	0,003	0,000	0,026	0,033	0,476	0,002	0,758	0,111	0,114	0,100	0,529	0,529	0,701	0,002
PDF	0,076	0,975	0,078	0	0,170	0,651	0,045	0,280	0,223	0,220	0,075	0,391	0,517	0,481	0,546	0,199	0,199	0,168	0,062
HLP	< 0,0001	0,009	0,008	0,170	0	< 0,0001	< 0,0001	0,910	0,867	0,028	0,195	0,242	0,334	0,347	0,291	0,732	0,732	0,621	0,034
HLM	< 0,0001	0,000	0,003	0,651	< 0,0001	0	< 0,0001	0,608	0,090	0,426	0,084	0,022	0,325	0,225	0,386	0,712	0,712	0,720	0,004
HAM	< 0,0001	0,001	0,000	0,045	< 0,0001	< 0,0001	0	0,148	0,334	0,843	0,200	0,130	0,253	0,245	0,276	0,831	0,831	0,586	0,031
GDG	0,930	0,384	0,026	0,280	0,910	0,608	0,148	0	0,284	0,067	0,190	0,039	0,991	0,958	0,998	0,106	0,106	0,198	0,599
GPE	0,115	0,564	0,033	0,223	0,867	0,090	0,334	0,284	0	0,542	0,019	0,063	0,284	0,340	0,211	0,585	0,585	0,270	0,045
GPH	0,063	0,648	0,476	0,220	0,028	0,426	0,843	0,067	0,542	0	0,023	0,868	0,128	0,176	0,199	0,304	0,304	0,918	0,031
RGR	0,000	0,001	0,002	0,075	0,195	0,084	0,200	0,190	0,019	0,023	0	0,021	0,008	0,008	0,008	0,272	0,272	0,022	< 0,0001
RIC	0,313	0,582	0,758	0,391	0,242	0,022	0,130	0,039	0,063	0,868	0,021	0	0,746	0,860	0,730	0,920	0,920	0,030	0,251
FDE	0,001	0,045	0,111	0,517	0,334	0,325	0,253	0,991	0,284	0,128	0,008	0,746	0	< 0,0001	< 0,0001	0,506	0,506	0,010	0,017
FDR	0,002	0,029	0,114	0,481	0,347	0,225	0,245	0,958	0,340	0,176	0,008	0,860	< 0,0001	0	< 0,0001	0,648	0,648	0,019	0,014
F50F	0,002	0,044	0,100	0,546	0,291	0,386	0,276	0,998	0,211	0,199	0,008	0,730	< 0,0001	< 0,0001	0	0,802	0,802	0,019	0,020
FGL	0,443	0,861	0,529	0,199	0,732	0,712	0,831	0,106	0,585	0,304	0,272	0,920	0,506	0,648	0,802	0	< 0,0001	0,357	0,469
FGP	0,443	0,861	0,529	0,199	0,732	0,712	0,831	0,106	0,585	0,304	0,272	0,920	0,506	0,648	0,802	< 0,0001	0	0,357	0,469
NPL	0,050	0,597	0,701	0,168	0,621	0,720	0,586	0,198	0,270	0,918	0,022	0,030	0,010	0,019	0,019	0,357	0,357	0	0,330
PB	< 0,0001	0,000	0,002	0,062	0,034	0,004	0,031	0,599	0,045	0,031	< 0,0001	0,251	0,017	0,014	0,020	0,469	0,469	0,330	0

Los valores de negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa = 0,05

Anexo 6. Coeficiente de determinación (R^2)

Variables	AAP	DTM	RNPR	PDF	HLP	HLM	HAM	GDG	GPE	GPH	RGR	RIC	FDE	FDR	F50F	FGL	FGP	NPL	PB
AAP	1	0,207	0,155	0,049	0,351	0,414	0,481	0,000	0,039	0,054	0,192	0,016	0,154	0,148	0,137	0,009	0,009	0,060	0,280
DTM	0,207	1	0,037	0,000	0,104	0,195	0,163	0,012	0,005	0,003	0,153	0,005	0,062	0,074	0,063	0,000	0,000	0,004	0,180
RNPR	0,155	0,037	1	0,048	0,105	0,136	0,177	0,077	0,070	0,008	0,137	0,002	0,040	0,039	0,042	0,006	0,006	0,002	0,148
PDF	0,049	0,000	0,048	1	0,030	0,003	0,062	0,018	0,023	0,024	0,049	0,012	0,007	0,008	0,006	0,026	0,026	0,030	0,054
HLP	0,351	0,104	0,105	0,030	1	0,361	0,355	0,000	0,000	0,074	0,026	0,022	0,015	0,014	0,018	0,002	0,002	0,004	0,070
HLM	0,414	0,195	0,136	0,003	0,361	1	0,685	0,004	0,045	0,010	0,047	0,081	0,015	0,023	0,012	0,002	0,002	0,002	0,126
HAM	0,481	0,163	0,177	0,062	0,355	0,685	1	0,033	0,015	0,001	0,026	0,036	0,021	0,021	0,019	0,001	0,001	0,005	0,072
GDG	0,000	0,012	0,077	0,018	0,000	0,004	0,033	1	0,018	0,052	0,027	0,066	0,000	0,000	0,000	0,041	0,041	0,026	0,004
GPE	0,039	0,005	0,070	0,023	0,000	0,045	0,015	0,018	1	0,006	0,084	0,054	0,018	0,014	0,025	0,005	0,005	0,019	0,062
GPH	0,054	0,003	0,008	0,024	0,074	0,010	0,001	0,052	0,006	1	0,080	0,000	0,036	0,029	0,026	0,017	0,017	0,000	0,071
RGR	0,192	0,153	0,137	0,049	0,026	0,047	0,026	0,027	0,084	0,080	1	0,082	0,107	0,108	0,106	0,019	0,019	0,080	0,759
RIC	0,016	0,005	0,002	0,012	0,022	0,081	0,036	0,066	0,054	0,000	0,082	1	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,073	0,021
FDE	0,154	0,062	0,040	0,007	0,015	0,015	0,021	0,000	0,018	0,036	0,107	0,002	1	0,959	0,932	0,007	0,007	0,100	0,087
FDR	0,148	0,074	0,039	0,008	0,014	0,023	0,021	0,000	0,014	0,029	0,108	0,000	0,959	1	0,927	0,003	0,003	0,085	0,092
F50F	0,137	0,063	0,042	0,006	0,018	0,012	0,019	0,000	0,025	0,026	0,106	0,002	0,932	0,927	1	0,001	0,001	0,084	0,083
FGL	0,009	0,000	0,006	0,026	0,002	0,002	0,001	0,041	0,005	0,017	0,019	0,000	0,007	0,003	0,001	1	1,000	0,013	0,008
FGP	0,009	0,000	0,006	0,026	0,002	0,002	0,001	0,041	0,005	0,017	0,019	0,000	0,007	0,003	0,001	1,000	1	0,013	0,008
NPL	0,060	0,004	0,002	0,030	0,004	0,002	0,005	0,026	0,019	0,000	0,080	0,073	0,100	0,085	0,084	0,013	0,013	1	0,015
PB	0,280	0,180	0,148	0,054	0,070	0,126	0,072	0,004	0,062	0,071	0,759	0,021	0,087	0,092	0,083	0,008	0,008	0,015	1

FOTOGRAFÍAS DE LA INVESTIGACIÓN



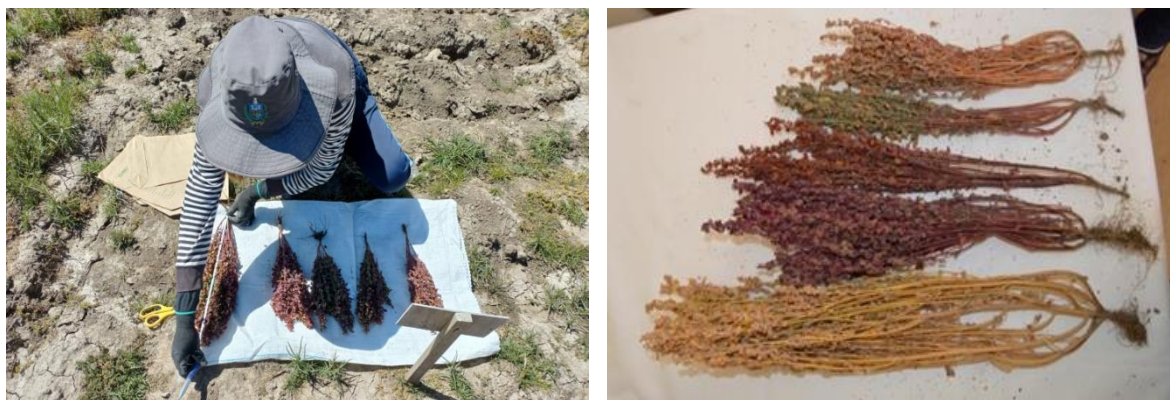
Anexo 7. Delimitación del terreno



Anexo 8. Las diferentes accesiones



Anexo 9. Cosechado de todas las accesiones



Anexo 10. Medición de altura de las plantas de diferentes accesiones



Anexo 11. Trillado de las diferentes accesiones



Anexo 12. Medición de tallo central con el calibrador



Anexo 13. Diámetro de grano



Anexo 14. Rendimiento de grano por planta



Anexo 15. Descripción de color según la codificación Munsell