

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA



TESIS DE GRADO

**“EVALUACIÓN PRELIMINAR AGRONOMICA Y MORFOLÓGICA
DEL GERMOPLASMA DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*
Aellen) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL BELEN”**

Ruben Flores Condori

LA PAZ – BOLIVIA

2006

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

**EVALUACIÓN PRELIMINAR AGRONOMICA Y MORFOLÓGICA DEL
GERMOPLASMA DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN LA ESTACION
EXPERIMENTAL BELEN**

Tesis de grado presentado como requisito
parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo

RUBEN FLORES CONDORI

Tutor:

Ing. M.Sc. Félix Mamani Reynoso

Asesor:

Ing. Juan José Vicente Rojas

Tribunal calificador:

Dr. Alejandro Bonifacio Flores

Dr. Bernardo Solíz Guerrero

Ing. M.Sc. Wilfredo Rojas

APROBADA

Presidente:

Ing. M.Sc. René Chipana Rivera

DECANO a i.

DEDICATORIA:

***A mis padres, Hilarión y Maria con
todo mi cariño y afecto, por su gran
amor, sacrificio, comprensión y confianza
durante toda mi formación.***

***A mis hermanos Raquel, Freddy y Omar
por su amor y constante apoyo.***

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento:

Al proyecto IPGRI – IFAD, cuyo financiamiento hizo posible el trabajo de investigación.

A la Estación Experimental Belén, dependiente de la Universidad Mayor de San Andres, por permitirme realizar el trabajo de campo.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andres por abrirme sus puertas, y sus docentes por las enseñanzas y formación profesional impartida.

Al Ing. M. Sc. Félix Mamani Reynoso, tutor y orientador, durante la ejecución del ensayo experimental, valiosos consejos técnicos que conservaré en momentos de trabajo profesional.

A mi asesor Ing. Juan José Vicente Rojas, por su cooperación, paciencia y sobre todo su amistad y afecto que posibilitó la conclusión de éste trabajo.

Al Tribunal de Revisores: Dr. Bernardo Solíz Guerrero, Dr. Alejandro Bonifacio Flores y Ing. M.Sc. Wilfredo Rojas, por las observaciones y sugerencias realizadas.

A mis compañeros de la Facultad, todos ellos presentes, con quienes compartí buenos y malos momentos universitarios.

INDICE

Pág.

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 La cañahua.....	4
2.1.1 Origen.....	4
2.1.2 Distribución geográfica	4
2.1.3 Clasificación taxonómica	5
2.1.4 Descripción morfológica	6
2.1.4.1 Raíz	6
2.1.4.2 Tallo.....	6
2.1.4.3 Hojas.....	7
2.1.4.4 Inflorescencia.....	8
2.1.4.5 Flores.....	8
2.1.4.6 Fruto	9
2.1.5 Estudios realizados con el germoplasma de cañahua.....	10
2.2 Recursos fitogenéticos	11
2.2.1 Importancia.....	12
2.2.2 Categorías de los recursos fitogenéticos.....	12
a) Cultivares primitivos	12
b) Cultivares avanzados	13
c) Poblaciones silvestres o semicultivadas	13
d) Especies silvestres relacionadas.....	13
e) Componentes de mejoramiento genético	13
2.2.3 Banco de germoplasma.....	14
2.2.3.1 Germoplasma	15
2.2.3.2 Entrada o accesión de germoplasma	16

2.2.3.3	Manejo y uso del germoplasma.....	16
a)	Recolección	16
b)	Conservación.....	17
c)	Refrescamiento o regeneración	18
2.2.4	caracterización y evaluación.....	18
2.2.4.1	Caracterización	19
2.2.4.2	Evaluación	20
2.2.4.3	Evaluación preliminar.....	21
2.2.4.4	Componentes de la caracterización y evaluación ..	22
1)	La población representativa de la especie.....	22
2)	Descriptoros	22
3)	Instrumentos de medición.....	24
2.2.4.5	Ventajas de la caracterización y evaluación	24
2.3	Análisis multivariado	25
2.3.1	Análisis de componentes principales.....	28
2.3.2	Análisis de conglomerados	31
III.	MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1	Localización	34
3.1.1	Características del área de estudio	34
3.1.1.1	Suelo.....	34
3.1.1.2	Clima.....	34
3.1.1.3	Vegetación.....	35
3.2	Materiales	36
3.2.1	Material genético	36
3.2.2	Material de campo	36
3.2.3	Material de gabinete	36
3.3	Método.....	37
3.3.1	Preparación del terreno	37
3.3.2	Siembra	37
3.3.3	Labores culturales	37
3.3.4	Cosecha	38

3.3.5	Variables de registro	38
3.3.5.1	Días a la emergencia (DE).....	39
3.3.5.2	Días al inicio de floración (DIF)	39
3.3.5.3	Días al fin de floración (DFF)	39
3.3.5.4	Días a la madurez fisiológica (DMF)	39
3.3.5.5	Longitud de lámina (LL)	40
3.3.5.6	Ancho de lámina (AL)	40
3.3.5.7	Longitud de pecíolo (LP).....	40
3.3.5.8	Número de dientes en la lámina (NDL).....	40
3.3.5.9	Altura de planta (AP).....	40
3.3.5.10	Cobertura foliar (CF)	41
3.3.5.11	Número de ramas primarias (NRP).....	41
3.3.5.12	Rendimiento de grano por planta (RGP).....	41
3.3.5.13	Diámetro de tallo principal (DTP).....	41
3.3.5.14	Índice de cosecha (IC)	41
3.3.5.15	Hábito de crecimiento (HC).....	42
3.3.5.16	Forma de tallo principal (FT).....	42
3.3.5.17	Presencia de estrías (PE)	42
3.3.5.18	Presencia de axilas pigmentadas (PAP).....	43
3.3.5.19	Color de estrías (CE)	43
3.3.5.20	Forma de la lámina (FL).....	43
3.3.5.21	Perfil de lámina (PL)	44
3.3.5.22	Borde de lámina (BL).....	44
3.3.5.23	Tipo de nervadura (TN).....	44
3.3.5.24	Color del pecíolo (CPC)	44
3.3.5.25	Color de lámina (CL).....	45
3.3.5.26	Caedicidad del grano (CG)	45
3.3.5.27	Color del tallo a la madurez fisiológica (CT)	45
3.3.5.28	Color de la planta a la madurez fisiológica (CP) ..	46
3.3.5.29	Color del pericarpio (CPR).....	46
3.3.5.30	Vigor a la emergencia (VE).....	47
3.3.6	Análisis estadístico	47

3.3.6.1	Análisis estadístico descriptivo	47
3.3.6.2	Coeficiente de correlación simple (Pearson)	48
3.3.6.3	Análisis de componentes principales	48
3.3.6.4	Análisis de conglomerados	49
3.3.6.5	Análisis descriptivo de las variables cualitativas que caracterizan a los conglomerados (Grupos) ...	49
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1	Análisis estadístico descriptivo	51
4.1.1	Variables cuantitativas	51
4.1.1.1	Días a la emergencia	52
4.1.1.2	Días al inicio de floración	53
4.1.1.3	Días al fin de floración	54
4.1.1.4	Días a la madurez fisiológica	54
4.1.1.5	Longitud de lámina	55
4.1.1.6	Ancho de lámina	56
4.1.1.7	Longitud de pecíolo	57
4.1.1.8	Número de dientes en la lámina	57
4.1.1.9	Altura de planta	58
4.1.1.10	Cobertura foliar	58
4.1.1.11	Número de ramas primarias	59
4.1.1.12	Diámetro de tallo principal	60
4.1.1.13	Rendimiento de grano por planta	61
4.1.1.14	Índice de cosecha	61
4.1.2	Variables cualitativas	62
4.1.2.1	Hábito de crecimiento	62
4.1.2.2	Color de estrías	63
4.1.2.3	Color del tallo a la madurez fisiológica	64
4.1.2.4	Formas de lámina foliar	65
4.1.2.5	Color de la planta a la madurez fisiológica	65
4.1.2.6	Tipo de nervadura	66
4.1.2.7	Color del pecíolo	67

4.1.2.8	Color de lámina	68
4.1.2.9	Color del pericarpio	69
4.1.2.10	Vigor a la emergencia	70
4.2	Análisis multivariado	71
4.2.1	Análisis de correlación	71
4.2.2	Análisis de componentes principales	75
4.2.2.1	Representación grafica de los componentes principales.....	78
4.2.3	Análisis de conglomerados	81
4.2.3.1	Caracterización de grupos	83
4.2.3.2	Variables cualitativas que caracterizan a cada grupo.....	91
a)	Características de la planta	91
a1)	Vigor a la emergencia.....	91
a2)	Hábito de crecimiento	92
a3)	Color de la planta a la madurez fisiológica .	92
b)	Características del tallo	93
b1)	Color de estrías	93
b2)	Color del tallo a la madurez fisiológica	94
c)	características de lámina	94
c1)	Forma de la lámina	94
c2)	Tipo de nervadura.....	95
c3)	Color del pecíolo	95
c4)	Color de la lámina	96
d)	Características del grano.....	96
d1)	Color del pericarpio.....	96
V.	CONCLUSIONES	98
VI.	RECOMENDACIONES.....	101
VII.	BIBLIOGRAFÍA	102

VIII. ANEXOS..... 109

IX. FOTOGRAFIAS..... 110

INDICE DE CUADROS

Nº	Pág.
1. Clasificación de los métodos estadísticos de análisis multivariados	27
2. Clasificación de los métodos multivariados	28
3. Diferencia entre los métodos de aglomeración.....	32
4. Parámetros meteorológicos de la Estación Experimental Belén	35
5. Parámetros estadísticos de tendencia central y de dispersión para las características cuantitativas.....	51
6. Descripción de la variable hábito de crecimiento.....	62
7. Descripción de la variable color de estrías	63
8. Descripción de la variable color del tallo a la madurez fisiológica	64
9. Descripción de la variable formas de láminas foliar.....	65
10. Descripción de la variable color de la planta a la madures fisiológica	66
11. Descripción de la variable tipo de nervadura.....	67
12. Descripción de la variable color del pecíolo.....	67
13. Descripción de la variable color de lámina	68
14. Descripción de la variable color del pericarpio	69
15. Descripción de la variable vigor a la emergencia	70
16. Matriz de correlación simple entre 14 variables cuantitativas para el germoplasma de cañahua (n = 116).....	74
17. Medidas de adecuación de las variables cuantitativas al modelo factorial.....	75
18. Matriz de componentes principales con rotación varimax para el germoplasma de cañahua	77
19. Caracterización de los grupos de accesiones de cañahua.....	83
20. Descripción del número de accesiones en cada grupo	84
21. Análisis descriptivo para la variable vigor a la emergencia	91
22. Análisis descriptivo para la variable hábito de crecimiento.....	92
23. Análisis descriptivo para la variable color de la planta a la madurez fisiológica.....	92

24. Análisis descriptivo para la variable color de estrías	93
25. Análisis descriptivo para la variable color del tallo a la madurez fisiológica.....	94
26. Análisis descriptivo para la variable formas de lámina foliar.....	95
27. Análisis descriptivo para la variable tipo de nervadura.....	95
28. Análisis descriptivo para la variable color del pecíolo.....	96
29. Análisis descriptivo para la variable color de lámina	96
30. Análisis descriptivo para la variable color del pericarpio	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Pág.
1. Representación del campo experimental Estación Experimental Belén.....	38
2. Representación de las variables en base a los tres primeros componentes principales en el espacio rotado.....	79
3. Representación de las accesiones sobre la solución de los tres componentes principales.....	80
5. Grupo de accesiones identificados en la colección del germoplasma cañahua.....	82
6. Representación grafica de la caracterización para el grupo 1.....	85
7. Representación grafica de la caracterización para el grupo 2.....	86
8. Representación grafica de la caracterización para el grupo 3.....	87
9. Representación grafica de la caracterización para el grupo 4.....	88
10. Representación grafica de la caracterización para el grupo 5.....	88
11. Representación grafica de la caracterización para el grupo 6.....	89

RESUMEN

Con el propósito de analizar la variabilidad genética del germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de la Estación Experimental Belén a cargo de la Facultad de Agronomía, se evaluaron 24 caracteres agro morfológicos en 10 plantas seleccionadas de 116 accesiones de cañahua en el año agrícola 2003 – 2004. Donde 14 caracteres fueron cuantitativos y 10 caracteres cualitativos. Se aplicaron tres métodos multivariados sobre las 14 variables cuantitativas mediante la cual fue posible la determinación de los caracteres de variación y clasificación de grupos genéticamente diferentes; finalmente se realizó un análisis descriptivo sobre las 10 variables cualitativas que caracterizaron a los grupos definidos por análisis multivariado.

Con el análisis de correlación se percibió que las variables fenológicas presentan una correlación significativa, asociándose en forma negativa a estas variables los coeficientes índice de cosecha y rendimiento de grano, indicando que su comportamiento es inversamente proporcional a las variables fenológicas, es decir que aquellas plantas con ciclos fenológicos tardíos presentan menores índices de cosechas y rendimiento de grano por planta.

Otra correlación significativa de importancia lo conformaron las variables agronómicas que indican que aquellas plantas que desarrollan mayor tamaño, mayor número de ramificaciones, tallos gruesos y mayor cobertura foliar estas presentan mayores rendimientos de grano e índice de cosecha, así mismo, las variables, altura de planta y diámetro de tallo principal se asociaron con las variables morfológicas de hoja.

El análisis de componentes principales permitió identificar las variables que más contribuyeron a la varianza en cada uno de los tres componentes seleccionados, el primer componente aportó con el 28.063% de la varianza total, que caracterizó principalmente a las variables fenológicas, así mismo, lo hicieron en forma secundaria el rendimiento de grano y índice de cosecha. El segundo componente principal contribuyó con el 24.910% de la varianza total y caracterizó a las variables agronómicas, indicando, que aquellas accesiones que desarrollan plantas grandes, con tallos gruesos, mayor

número de ramas primarias y cobertura foliar; estas accesiones presentan mayor rendimiento de grano. El tercer componente principal aportó con el 22.395% de la varianza total y caracterizó principalmente a las variables morfológicas de hoja, mientras, lo hicieron en forma secundaria las variables agronómicas.

El análisis de conglomerados, permitió clasificar y caracterizar a las accesiones de cañahua en 6 grupos, esta agrupación proporcionó una descripción útil y permitió visualizar características particulares en cada grupo. Los grupos 4 y 5 fueron las más distintas entre sí y agruparon a las accesiones más precoces (DMF = 122 días) y más tardías (DMF = 158 días) del germoplasma. El grupo 1 destacó a las accesiones semiprecoces, con plantas grandes (AP = 37.06 cm), con mayor número de ramas primarias (NRP = 11 ramas), mayor cobertura foliar (CF = 31.51 cm), mayor rendimiento de grano por planta (RGP = 31.30 gr) y mayor índice de cosecha (IC = 57.76%), El grupo 6 se caracterizó por presentar accesiones tardías (DMF = 156 días), de láminas pequeñas (LL = 1.31 cm, AL = 0.77 cm) y con mayor rendimiento de grano (RGP = 10.80%) después del grupo 1. El grupo 2 distinguió a las accesiones semitardías de láminas grandes (LL = 2.29, AL = 1.99 cm) y con menor rendimiento de grano por planta (RGP = 7.44 gr).

Con el análisis de frecuencias se encontró que la mayoría de los grupos presentan hábito de crecimiento lasta, seguido del hábito saihua, así mismo todos estos grupos presentan vigor a la emergencia bueno. Los grupos 1, 2 y 3 presentan forma de lámina romboidal con tipo de nervadura retinervada mientras, que los grupos 4, 5 y 6 presentan las dos formas de lámina (romboidal y triangular). El color Rosado en la planta durante la madurez fisiológica se manifestó en la mayoría de los grupos seguido por los colores Café rojizo, Pajizo y los restantes estados de color. El color Pajizo en el pericarpio del fruto caracterizó a todos los grupos seguido de los colores Crema suave, Anaranjado, Café rojizo y Café claro.

I. INTRODUCCIÓN

Los habitantes de los países andinos deberían reconocer y valorar que viven en uno de los centros de domesticación de plantas cultivadas más importantes del mundo y que algunos de estos recursos, como la papa y el maíz, no sólo han contribuido a la alimentación del mundo, sino que existen otros cultivos por explotarse más intensivamente de reconocido valor alimenticio (Tapia, 1990).

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).

Las posibilidades de incrementar la producción agrícola en el altiplano boliviano son cada vez más limitadas; así mismo, las políticas agrícolas, para incrementar los niveles de producción, no deberían basarse únicamente en el hecho de ser extensivas sino también intensivas, recuperando y mejorando continuamente las tecnologías tradicionales de producción.

El actual sistema de tenencia de tierra y el crecimiento demográfico en el altiplano Norte de Bolivia, llevan a la productividad de los cultivos de cañahua en parcelas pequeñas, probablemente con rendimientos relativamente bajos, así mismo, éste cultivo está siendo subutilizado, y casi olvidado. La falta de importancia a este rubro se manifiesta en la poca o casi ninguna disponibilidad de información sobre la capacidad genética, adaptabilidad del cultivo, estabilidad fenotípica, y caracteres de importancia agronómica de la cañahua. Pero sí es más conocido a nivel de investigación científica sobre todo en el manejo y conservación de Bancos de germoplasma, el cual toma una importancia fundamental ya que constituyen recursos básicos en la evolución de la agricultura.

En el marco de las consideraciones expuestas y como referencia a las investigaciones materializadas en nuestro país, el germoplasma de esta especie no tuvo mayor significación en su estudio; en lo que respecta a las características agronómicas, morfológicas, tecnología del cultivo, zonas potenciales de producción y otros. Considerando estos argumentos, se ha efectuado el estudio de Evaluación Preliminar Agronómica y Morfológica del germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental Belén; con el fin de seleccionar accesiones con buenas características para la zona de estudio se plantearon los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo General

- Evaluar en forma preliminar y caracterizar agronómica y morfológica 120 accesiones del banco de germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental Belén.

1.2 Objetivos Específicos

- Describir agronómicamente y morfológicamente las 120 accesiones del germoplasma de cañahua.
- Analizar el grado de correlación entre los caracteres agronómicos y morfológicos registrados en la colección de germoplasma.
- Identificar grupos diferenciados en el conjunto de accesiones a través de técnicas multivariadas.

1.3 Hipótesis

- No presentan diferencias agronómicas ni morfológicas las accesiones de germoplasma de cañahua en estudio.
- La correlación entre caracteres agronómicos y morfológicos registrados en la colección de germoplasma no presenta diferencias.
- Utilizando técnicas multivariadas no presentan diferencias los grupos en el conjunto de accesiones.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La cañahua

2.1.1 Origen

Cano (1973), identifica las formas silvestres en el cultivo de la cañahua que se encuentran en las inmediaciones del Lago Titicaca, lo que indica que el lugar de origen de esta Quenopodiácea es en el altiplano Perú - Boliviano, con características de ser plantas generalmente de porte postrado, tamaño reducido y con un alto contenido de saponina en el episperma.

A su vez, Carpio y Vallenas (1974) sostienen que este grano tiene su origen en la meseta del Callao a orillas del lago Titicaca, del Sur del Perú y Norte de Bolivia, donde cumplió un rol muy importante en el desarrollo y florecimiento de la cultura Pre - Incaico del Tihuanacu.

Al respecto, Tapia (1990) señala que no existen evidencias arqueológicas relacionadas con el origen de la cañahua, de manera, que no se puede saber desde que tiempos data su cultivo; sin embargo, el hecho de que las plantas pierden gran parte del grano por la caída hace pensar que su proceso de domesticación no ha culminado aún.

2.1.2 Distribución geográfica

Carrasco (1988), considera que existe una mayor concentración de cultivos de la cañahua en la parte Nor Este del altiplano que conforman Bolivia y Perú. En Bolivia éste cultivo es cultivada en el departamento de La Paz y en algunas zonas de Cochabamba.

Cárdenas (1989), menciona que la cañahua es cultivada solo en el Perú y Bolivia en las Punas situadas entre los 3500 a 4000 m.s.n.m. En el Perú se cultiva en el departamento de Puno y en Bolivia en las inmediaciones del Lago Titicaca hasta el Sur del lago Poopó.

La cañahua en Bolivia se cultiva bajo condiciones de subsistencia familiar, las localidades donde su cultivo tiene mayor importancia se encuentran en las provincias Los Andes, Aroma y Pacajes del departamento de La Paz; Tapacari y Arque en el departamento de Cochabamba; Dalence, Cercado, Sabaya y Ladislao Cabrera del departamento de Oruro. (La Fuente, 1980).

Al respecto, Tapia (1990) señala que el cultivo de la cañahua es una especie poco cultivada por los bajos rendimientos que presenta y fundamentalmente por el inconveniente de tener muchos granos pequeños, se conoce poco o nada de su capacidad genética, del manejo del cultivo, la plasticidad adaptativa y la estabilidad fenotípica, causas por lo que no ha tenido mayor difusión fuera de las fronteras del altiplano de Bolivia y Perú. En nuestro país, se cultiva en el departamento de La Paz, en el área de Pacajes, las zonas altas de la provincia Omasuyos y alrededor de Independencia en el departamento de Cochabamba. En estas áreas, la cañahua ha tenido éxito por sus características agronómicas de notable resistencia a las bajas temperaturas.

2.1.3 Clasificación taxonómica

Según Cronquist (1966); Revisado por Mamani (1994), plantea que la cañahua corresponde a la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	:	Vegetal
Subreino	:	Embryobionta
División	:	Magnoliophyta
Subdivisión	:	Angiospermas
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Caryophyllidae
Orden	:	Caryophylliales
Familia	:	Chenopodiaceae
Genero	:	Chenopodium
Especie	:	<i>Chenopodium pallidicaule</i>

N. Común : Cañahua, Kañihua, Kañiwa, etc.

2.1.4 Descripción morfológica

2.1.4.1 Raíz

Cano (1973), señala que la cañahua posee una raíz principalmente pivotante que llega a alcanzar normalmente profundidades de 15 a 30 cm llegando a sobrepasar estas dimensiones cuando la humedad en el suelo es favorable; mientras, los diámetros de las raicillas laterales son muy delgadas y pequeñas; así mismo, la raíz principal es muy pronunciada formada a partir de la radícula de la semilla adaptados para obtener agua y nutrientes. Son sistemas ramificantes que a menudo son más complejos que las partes aéreas de la misma planta, tienen una forma más o menos cónica con una coloración ligeramente blanquecina o crema.

Al respecto, Tapia (1990) indica que la raíz es pivotante y bastante profunda de manera que puede alcanzar longitudes de 15 a 30 cm respectivamente con presencia de numerosas raicillas laterales. La profundidad y la distancia horizontal que alcanza la raíz varía en grado considerable con la especie e incluso entre diferentes individuos de la misma especie. Las condiciones del suelo, influyen en gran medida en la magnitud del crecimiento radical.

2.1.4.2. Tallo

Cano (1973), indica que el tallo de esta especie presenta estrías, su coloración varía desde amarillento hasta morado oscuro, glabrescente, siendo una característica bastante notoria la presencia de gran cantidad de tallos secundarios que emerge del tallo principal a escasa altura del suelo, especialmente en las cañahuas con hábito de crecimiento "Lastas" lo que le da una apariencia de ser abierta, totalmente diferente a la quinua.

A su vez, Calle (1980) establece que la planta de cañahua es herbácea, anual con tallos superiores cubiertos densamente de pelos vesiculosos o globosos que porta un líquido cristalino o rosado según el color de la planta que le dan la apariencia cenicienta.

La Fuente (1980), sostiene que el tallo es de forma cilíndrica, estriado, hueco, nudoso y de color variable. Adquiere un color verde cuando está en estado tierno hasta amarillo, rojo y púrpura al madurar la planta, ramoso en la parte superior. La especie se denominó *pallidicaule* por el color amarillo del tallo.

2.1.4.3. Hojas

Calle (1980), indica las hojas de esta especie son alternas y dimorfas en las ramas. Las hojas terminales son sésiles, angostas, ovadas y de láminas gruesas; mientras, las hojas centrales y basales son pecioladas de ápice obtuso, trinervadas, trilobadas con tres a cinco dientes densamente cubiertas por pelos vesiculosos que le dan la apariencia de verde ceniciento en su estado juvenil. Al alcanzar la madurez fisiológica se tornan de colores amarillo, morado, rosado y anaranjado debido a los pigmentos de antocianina, betacianina y xantofilas que adquieren los diversos ecotipos.

A su vez, Cano (1973) sostiene que esta especie presenta hojas basales alternas con pecíolo largo y fino generalmente romboidales y trilobadas a diferencias de las hojas apicales que son lanceoladas y semisesiles. La cara superior es de color verde oscuro y liso, la cara inferior de color ligeramente más claro. Las hojas basales miden de 1 a 3 cm de largo por 0.5 a 1.8 cm de ancho, con tres lóbulos, de los cuales el que se ubica en la parte central es el más notable terminando en ángulo obtuso. Las hojas basales presentan tres nervios principales bien definidas, unidas cerca de la inserción del pecíolo mientras, que en las hojas apicales solamente se puede notar la nervadura central a lo largo de la hoja.

Las hojas de esta especie son alternas con pecíolos cortos y finos, de láminas engrosadas y de forma romboide, llegan a medir de 1 a 3 cm de largo. La parte superior se dividen en tres lóbulos, rara vez son dentados. Las hojas presentan tres nervaduras

bien marcados en la cara superior que se unen después de la inserción del pecíolo. (Tapia, 1979).

2.1.4.4 Inflorescencia

Cano (1973), menciona que la inflorescencia de esta especie se presentan en cimas unilaterales y axilares de las ramas ocultas por el follaje. Las inflorescencias albergan tres clases de flores que son: Hermafroditas, femeninas y andro - estériles distribuidas en forma irregular en toda la inflorescencia y solamente la flor hermafrodita presenta tres estambres que esta presente en la parte apical de la inflorescencia, cada inflorescencia contiene en promedio 20 flores de las cuales 80% son flores que tienen estambres.

A su vez, Tapia (1990) indica que las inflorescencias son inconspicuas, cimosas, axilares o terminales y totalmente cubiertas por el follaje, tienen flores hermafroditas o estaminadas sesiles muy pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro, el perigonio está compuesto de 5 partes. Al respecto, (León, 1974), manifiesta que las inflorescencias de la cañahua son inconspicuas, cimosas, axilares o terminales y totalmente cubiertas por el follaje.

2.1.4.5 Flores

Cano (1973), indica que las flores de la cañahua son sesiles cuando empiezan a florecer y con presencia de pedicelo bastante notorio después de producirse la fecundación, llegando a ser más pronunciado a medida que van madurando los frutos.

El mismo autor menciona, que el perianto es simple (aploclamidea) formado por sépalos gamosépalo acrescente y sin pétalos. El órgano masculino está representado por estambres que varían de 1 a 3 unidades, formando en mayor porcentaje las flores del estambre, mientras el gineceo está formado por un pistilo esférico terminado en dos ramas estigmaticas; El ovario es supero, campilotropo, y unilocular, las flores pistiladas están en menor número que las flores hermafroditas encontrándose muy

ocasionalmente los andro - estériles, cuyos estambres no tienen la capacidad de producir polen viable.

Mientras, Espíndola (1979) señala la existencia de flores con uno y dos estambres y excepcionalmente con tres estambres considerando que ésta planta presenta un alto valor de auto polinización, debido a su morfología floral. Por su parte, Lescano (1994) indica que la distribución de las flores es mayor en el tercio superior de la inflorescencia, seguido por el tercio medio y el tercio inferior, además que las flores superiores inician primero el proceso de floración y la flor apical es la primera donde se produce la apertura de la misma.

Las flores de ésta especie son hermafroditas o estaminadas muy pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro y sesiles. 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 estigmaticas apicales, generalmente soldadas en su base. (Tapia, 1979).

2.1.4.6 Fruto

Calle (1980), manifiesta que el fruto de está especie es un aquenio, el mismo que es caduco, cuando llega a la madurez fisiológica cayendo inmediatamente. Está cubierto por el perianto persistente, el pericarpio es delgado no leñoso de colores muy variables, que llega a variar desde ceniciento hasta pardo oscuro con tendencias al color de la planta y cubre totalmente la semilla aún después del trillado.

Al respecto, Cano (1973) afirma que el fruto de la cañahua es un aquenio, de tamaño muy pequeño (2 mm de diámetro), cubierto por el episperma y dentro se encuentra la semilla que puede presentar una coloración castaño o negro.

Lescano (1994), manifiesta que el color de la semilla, corresponde al color de la cobertura del grano; los frutos se desprenden colocando al descubierto él pericarpio y las coberturas subyacentes del grano. A su vez, Tapia (1990) menciona que el fruto de

la cañahua está cubierto por el perigonio y su color es generalmente gris. El pericarpio es muy fino y translucido, la semilla es de forma lenticular de 1 a 1.2 mm de diámetro y de color castaño o negro con el episperma muy fino.

2.1.5 Estudios realizados en germoplasma de cañahua

Arteaga (1996), estudió el germoplasma de cañahua en la Estación Experimental de Patacamaya en el altiplano central de Bolivia y afirma que existe una amplia variabilidad en el conjunto de las accesiones que componen el germoplasma de ésta especie. Evaluó 420 accesiones de ésta especie donde solo 417 accesiones llegaron a la fase madurez fisiológica, registró 325 accesiones con tipo de crecimiento lastas, 70 accesiones fueron saihuas y 22 accesiones silvestres, distribuidos en 9 grupos; en la cual empleó la técnica estadística multivariante. Para el primer componente principal, las características discriminatorias entre las diferentes accesiones fueron: peso de broza y peso de planta; para el segundo componente principal, fueron peso de grano e índice de cosecha.

El mismo autor, empleó la técnica análisis de conglomerados y agrupó las accesiones a partir de las variables tomadas de la muestra, proporcionando criterios para diferenciar las accesiones. De 29 variables solo 9 diferenciaron los grupos estudiados, encontrándose diversas características para cada grupo en particular. También afirma que con la utilización del dendrograma o diagrama del árbol éste muestra una alta variabilidad entre las accesiones en estudio, por lo que éste método constituye una buena herramienta para analizar el germoplasma de la 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.

2.2 Recursos fitogenéticos

Contreras (1994), define que los recursos fitogenéticos son el conjunto de genes valiosos e importantes, potencialmente útiles como materia prima en fitomejoramiento y en biotecnología. Dentro de ellos se pueden encontrar especies vegetales cultivadas (cultivos comerciales, variedades locales etc.), especies silvestres de uso directo (especies arbóreas y plantas medicinales), de uso indirecto (parientes silvestres de plantas cultivadas), y de uso potencial.

Según, Jaramillo y Baena (2000) los recursos fitogenéticos son materiales que pueden tener valor económico y utilitario, actual o futuro; siendo importante el que contribuye a la seguridad alimentaría y ha desarrollar cultivos productivos, resistentes y de calidad. El hombre aprovecha los recursos fitogenéticos y para ello debe conocerlos, manejarlos, mantenerlos y utilizarlos racionalmente. Por su parte, Esquinas (1983) considera a los recursos fitogenéticos como un conjunto de muestras de poblaciones de plantas, obtenidos con el objeto de disponer características útiles y con valor actual y potencial.

2.2.1 Importancia

Enríquez (1991), indica que los recursos fitogenéticos son de gran importancia en la actualidad por cuanto se relacionan con la satisfacción de necesidades básicas del hombre y la solución de problemas severos como el hambre y la pobreza. Para poder solucionar el hombre necesita agregar a su dieta cultivos de alto rendimiento y de calidad (especies nativas, exóticas).

Es importante, porque la especie humana depende de las plantas; éstos constituyen la base de la alimentación, suplen la mayoría de necesidades y se utilizan en la industria para fabricar combustibles, medicinas, fibras y otros productos. Sin embargo, el número de plantas que el hombre utiliza en su alimentación es mínimo comparado con el número de especies existentes en la naturaleza, tan solo treinta cultivos entre los cuales se destacan el arroz el trigo y el maíz que proporcionan el 95% de las calorías presentes en la dieta humana. (Jaramillo y Baena, 2000)

2.2.2 Categorías de los recursos fitogenéticos

León (1974), señala que los recursos fitogenéticos están, compuestos de las siguientes categorías:

a.- Cultivares primitivos

Son formas o variedades de una especie cultivada, que los agricultores han seleccionado y mantenido sin que hubieran sido afectados por los programas de mejoramiento genético; a esta categoría, pertenecen la mayoría de cultivares y ecotipos criollos que conservan los agricultores de nuestro país.

b.- Cultivares avanzados

Son cultivares que resultan de los programas de hibridación y mejoramiento en general; o sea, materiales que sufrieron ciertos cambios en la estructura genética, dando origen a cultivares distintos a los primitivos. También son llamadas variedades mejoradas.

c.- Poblaciones silvestres o semicultivadas

Son poblaciones cuyos productos se utilizan sin necesidad de cuidados ni labores culturales; pueden ser “Tipos primitivos” que descienden de ancestros que dieron origen a las variedades cultivadas, existen especies que se encuentran en forma de “malezas” que también han descendido del mismo antecesor, pero que no han sido sometidas a selección y cuidados y crecen espontáneamente en campos de cultivo o lugares circundantes.

d.- Especies silvestres relacionadas

Especies del mismo género o afines a las cultivadas y por lo tanto, al cruzarse con éstas dan lugar a híbridos con diferentes grados de fertilidad. Estos híbridos pueden tener

mejores potenciales de rendimiento y tolerancia a factores adversos. Los ejemplos más claros, en éste caso, son las papas silvestres y el tomate.

e.- Componentes de mejoramiento genético

Son los materiales que se manejan en programas de fitomejoramiento, como: Líneas avanzadas, Líneas puras, Líneas con esterilidad genética o citoplasmática, materiales segregantes y otros. Todas éstas categorías de recursos fitogenéticos y otras que pudieran identificarse en el transcurso de las investigaciones, tienen que ser consideradas dentro de un plan de manejo y recolección, caracterización y uso de germoplasma.

2.2.3 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 éstos 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 irre recuperable.

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.

Según, Manrique (1989) un banco es una estructura organizativa, que se establece dentro de una estrategia global de conservación de recursos genéticos, y cuyos objetivos son propios de la conservación genética y la disponibilidad de germoplasma.

Esta disponibilidad puede tener propósitos prácticos o de investigación y se constituye en un factor fundamental para la certificación de semillas.

2.2.3.1 Germoplasma

Goedert *et al.*, (1995), señalan al germoplasma como recursos genéticos constituidos por la variación genética organizada en un conjunto de materiales diferentes entre sí. Así mismo, cada unidad de germoplasma está formada por el material genético de los organismos vivos con interés actual o potencial. Por lo que el germoplasma constituye la variabilidad genética intra e inter específica, con fines de utilización en la investigación especialmente en el mejoramiento genético.

Respecto a esta última aseveración, los mismos autores mencionan que el germoplasma de cada especie, puede estar constituido por las muestras de las especies de interés. Estas muestras poblacionales pueden ser: cultivares primitivos, tradicionales o modernas, poblaciones silvestres de la especie de interés, líneas primitivas o premejoramiento, líneas avanzadas o estables e híbridos propagados clonalmente.

Por otra parte, Esquinas (1983) manifiesta que el germoplasma es un centro de convergencia de toda la variabilidad genética posible, de una determinada especie que se encuentra bajo condiciones ambientales controladas que permiten mantener el poder germinativo del material conservado.

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).

2.2.3.2 Entrada o accesión de germoplasma

Esquinas (1983), indica que una entrada o accesión de germoplasma es un término utilizado para nombrar una muestra vegetal recolectado para su procesamiento, eventual almacenamiento y evaluación. Respecto a ésta Goedert *et al.*, (1995), señalan que una entrada o accesión de germoplasma debe presentar dos características fundamentales: presentar una muestra genética de poblaciones y permitir mantener los niveles de variación genética obtenidos.

2.2.3.3 Manejo y uso del germoplasma

a.- Recolección

Manrique (1989) señala, para la mayor parte de las especies, el material a recolectar son semillas, en otros casos pueden tratarse de bulbos, tubérculos, raíces, plantas enteras, o incluso granos de polen, dependiendo de la especie y del medio en que vaya a ser conservado el material. En ésta actividad se debe recolectar la máxima variabilidad genética de la especie, también se deberá incluir datos de pasaporte, características climáticas, edafológicas y del tipo de vegetación del lugar. Estos datos acompañaran a las muestras en el futuro y pueden ser de gran utilidad a los mejoradores.

b.- Conservación

Proceso mediante el cual se logra preservar la materia prima (genes), no sólo con el afán de evitar su desaparición, sino también de disponer de un stock del material para ser utilizado. La conservación de especies que se reproducen por semilla se aconsejan almacenar; para semillas "Ortodoxas" a largo plazo en recipientes cerrados al vacío, con una humedad de 6% y a -18°C. Así mismo, las semillas "Recalcitrantes" son las que no se pueden reducir su humedad interna, porque sufren procesos químicos irreversibles que originan la muerte, pierden rápidamente su viabilidad, y no es posible su conservación por periodos largos de tiempo (Nieto *et al.*, 1983).

En las especies de propagación vegetativa, como ser tubérculos (papa, oca, isaño); rizomas (fresas); bulbos (cebollas, ajos) y otros órganos vegetativos, existen diferentes metodologías de conservación: como la técnica del cultivo *in vitro*; el almacenamiento del material en ambientes especiales, donde se pueda retardar o mantener latente el brotamiento. Así mismo, evitar que el material sufra alteraciones que comprometan su futuro desarrollo; también es importante la utilización de inhibidores de crecimiento; en todo caso, la conservación de estos materiales es factible únicamente por periodos cortos de tiempo entre la cosecha y la próxima siembra (Nieto *et al.*, 1983).

Por su parte, Manrique (1989) indica que la conservación y el tratamiento a aplicarse varía mucho según se trate de especies que se reproduzcan por semillas o vegetativamente, para este fin se debe contar con almacenes apropiados, donde se mantendrán las plantas en forma definitiva, ya sea en forma de semilla, plantas o porciones de plantas, en almacenes o cámaras a -13 °C, -20 °C y a 50% de humedad relativa, o en forma temporal en cámaras de 5 °C a 10 °C y a 50% de humedad relativa.

c.- Refrescamiento o regeneración

Según Nieto *et al.*, (1983) el refrescamiento de las colecciones de semillas es cada cierto tiempo, dependiendo de dos razones: cuando las entradas han reducido su poder germinativo por debajo del 70%, y cuando la reserva del material y la cantidad disponible no permite satisfacer los requerimientos para evaluaciones. El refrescamiento de los materiales genéticos es importante, de igual modo la caracterización y documentación, porque registra datos correspondientes a una determinada especie.

2.2.4 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 definir las adecuadamente y establecer algunas diferencias entre ellas.

Respecto a ésta definición, Jaramillo y Baena (2000) consideran como actividades complementarias que consisten en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones 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.

2.2.4.1 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.

2.2.4.2 Evaluación

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

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.

Por su parte, Querol (1988) propone que la evaluación se hace en función a los usos del cultivo y características buscadas para mejorarlo. Generalmente se busca obtener: mejores rendimientos, simplificación de labores culturales y resistencias a enfermedades. Durante la evaluación se obtendrán todos los datos de interés inmediato sobre la colecta.

Por otra parte, Rudolf (1985) indica que la evaluación de materiales genéticos permite reconocer el problema del germoplasma para su utilización en los procesos de selección y mejoramiento. Para Rea (1988), la evaluación, es una tarea posterior a la caracterización que se divide en dos etapas: una preliminar y otra secundaria.

Básicamente la evaluación consiste en la obtención de un número limitado de datos sobre atributos agronómicos referidos a la altura de planta, contenido de proteína, tiempo a la maduración o rendimiento.

2.2.4.3 Evaluación preliminar

Querol (1988), menciona que la evaluación preliminar, se basa en la evaluación de caracteres tanto fenológicos (germinación, floración, maduración), potencial de rendimiento y en la reacción a la presencia de plagas y enfermedades.

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.

2.2.4.4 Componentes de la caracterización y evaluación

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

1. La población representativa de la especie

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 la especie, en el caso de las alogamas la población debe ser mayor. Se recomienda establecer poblaciones grandes para que la descripción sea confiable.

2. Descriptores

Son atributos mediante los cuales se puede conocer, diferenciar y determinar su utilidad potencial del germoplasma. Deben ser específicos para cada especie, diferenciar los genotipos y expresar el atributo de manera precisa y uniforme. Los caracteres útiles son aquellos que se detectan a simple vista, registrar fácilmente, alta heredabilidad, alto valor taxonómico y agronómico. Se pueden aplicar a muestras pequeñas, así mismo, permiten diferenciar una accesión de otra.

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.

Estados del descriptor

Hidalgo (2003), indica que existen distintas categorías de datos, según la expresión del descriptor puede ser: cualitativa o cuantitativa. Si es cualitativa, se generan datos binarios (llamados de doble estado), datos con secuencia (ordinales) y datos sin secuencia (nominales). Si es cuantitativa, los datos pueden ser discontinuos (discretos) y continuos. Para el registro de datos deben tomarse las sugerencias:

- Cualitativos (binario), cada descriptor presenta dos estados (Presente = 1; Ausente = 0).
- Cuantitativos de tipo ordinal, el descriptor, se registra una serie de estados predefinidos; (altura de planta: 1 = Corta; 3 = Intermedia; 5 = Alta).
- Cualitativos de tipo nominal, el descriptor, registra usando una serie de estados previamente definidos; (1 = Blanco; 2 = Crema; 3 = Amarillo).
- Cuantitativos de tipo continuo, el descriptor, registra en unidades internacionales (SI) estándar; (Altura de planta = 0.9 m; Peso de 100 semillas = 250 g).

3. Instrumentos de medición

Las características también se expresan de maneras diferentes, requiriendo variados instrumentos para registrarlas, algunas veces bastará con observar y registrar la presencia o ausencia de una característica (estrías, tricomas), en otras será necesario contar y/o medir estructuras utilizando cintas métricas, reglas de varios tamaños y graduaciones. El registro de datos muy precisos necesitará herramientas como cartas de colores, calibradores vernier, microscopios, balanzas, medidores de pH, etc.

2.2.4.5 Ventajas de la caracterización y evaluación

Valls (1992), indica que la caracterización y evaluación bien conducidas presentan tres ventajas:

- Permite la identificación de accesiones duplicadas, simplificando los trabajos subsecuentes; la identificación de duplicados no implica su eliminación, éstas forman parte de las llamadas colecciones de reserva.
- Faculta el establecimiento de condiciones nucleares; por definición abarca, con el mínimo de redundancia la diversidad genética reunida en las especies cultivadas y silvestres.

- Identifica los modos de reproducción predominantes en las accesiones. Permite el direccionamiento adecuado a los propios trabajos de multiplicación en bancos de germoplasma. Puede más bien ser útil para la definición de estrategias en la recolección de accesos adicionales de la especie analizada.

2.3 Análisis multivariado

Hair *et al.*, (1999), señalan a los métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples de cada individuo u objeto sometido a investigación. En este sentido, muchas técnicas multivariantes son extensiones del análisis univariante y bivariante. Sin embargo, todas las variables deben ser aleatorias y estar interrelacionadas de tal forma que sus diferentes efectos no puedan ser interpretados separadamente.

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). Por tanto, el carácter multivariante reside en los valores teóricos (combinaciones múltiples de variables) y no solo en el número de variables u observaciones.

Por su parte, Pla (1986) indica que el análisis multivariado es una rama de las matemáticas que se ocupa del estudio y análisis de una población “**p**” variada, es decir, un conjunto de individuos que se han observado o medido “**p**” características o propiedades, en donde se dispondrá de **p** medias, **p** varianzas y $(1/2) p(p - 1)$ covarianzas que no solo deben ser estimadas, sino que deben ser interpretadas.

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 1).

Cuadro 1. 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 1, 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 geoméricamente, 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, él 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 2).

Cuadro 2. Clasificación de los métodos multivariados

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

FUENTE: Bramardi, 2002

El Cuadro 2, 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. Bramardi (2002).

2.3.1 Análisis de componentes principales

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 éstas 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.

El análisis de componentes principales evalúa la semejanza entre los individuos a través de atributos considerados, evalúa la relación existente entre las características consideradas, produce variables sintéticas que constituyen un resumen de las variables iniciales y que permiten la representación plena aproximada de las variables y de sus ángulos respectivos. Los componentes principales se obtienen por proyección ortogonal de la nube de puntos **N** a lo largo de cada dirección principal. La coordenada del **i** – **esimo** individuo en el nuevo sistema de ejes (origen en **G**, base ortonormal) está definida por el producto escalar (Crivisqui, 1997).

Escofier y Pagès (1992), sostienen que el ACP se aplica a tablas bidimensionales que cruzan individuos y variables cuantitativas, llamada de manera concisa tablas “individuos por variables cuantitativos”. Las filas de la tabla representa los individuos y la columna representan las variables. En la intersección de la fila i y la columna k se encuentra el valor que representa la variable k en el individuo i . El objetivo general del ACP, aplicado a una tabla en un estudio exploratorio son: Un balance de las semejanzas entre individuos, un balance de las relaciones entre variables. Respecto al estudio de las relaciones entre variables resume el conjunto de éstas en un número pequeño de variables sintéticas llamadas componentes principales, se puede considerar a cada componente principal como representante (síntesis) de un grupo de variables que aparecen relacionadas entre sí.

Según Pla (1986), menciona como un método de transformación de un conjunto de variables cuantitativas originales en otro conjunto de variables independientes no correlacionadas. Estos deben ser interpretados independientemente unos de otros, ya que contienen una parte de la varianza que no está expresada en otro componente principal. El ACP concentra toda la variación presente en la matriz de datos originales en unos pocos ejes o componentes, contienen información en diferentes proporciones de todas las variables originales. La contribución de las variables a cada componente principal se expresa en valores y vectores propios. El valor propio representa la varianza asociada con el componente principal y decrece a medida que se generan dichos componentes. En cambio, el vector propio contiene los coeficientes de las combinaciones lineales de la p variables originales.

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 cuales 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.

2.3.2 Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados o cluster 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).

Por su parte, Ferrán (1998) indica que el principal objetivo del método de conglomerados consiste en agrupar a los elementos de la muestra en grupos, denominados conglomerados; de tal forma que, respecto a la distribución de valores de las variables, por un lado, cada conglomerado sea lo más homogéneo posible, por otro, los conglomerados sean muy distintos entre sí. Sintetizar la información de una matriz a fin de permitir el reconocimiento de las relaciones entre la totalidad de los organismos en estudio; así mismo, comprende reglas más o menos arbitrarias, para formar los grupos de organismos a clasificar.

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. Éste análisis clasifica un conjunto de n accesiones o p variables en un número pequeño de grupos o

conglomerados, donde la formación de estos grupos puede obedecer a leyes naturales o a cualquier conjunto de características comunes a las accesiones.

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 3).

Cuadro 3. Diferencias entre los métodos de aglomeración

Método jerárquico	Método no - jerárquico
<ol style="list-style-type: none"> 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. 	<ol style="list-style-type: none"> 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, 1998.

El Cuadro 3, 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. (Rojas, 2003).

Crisci y López (1983), citados por Camargo (2003), coinciden en señalar que el análisis de conglomerados comprenden técnicas que, siguiendo reglas más o menos arbitrarias, forman grupos de **OTU** (Unidades Taxonómicas Operativas) que se asocian por su grado de similitud. La estructura taxonómica obtenida de la matriz de similitud con las técnicas de análisis de conglomerados puede representarse gráficamente de varias formas, pero la más utilizada es el dendrograma, que es un diagrama arborescente que muestra la relación en grado de similitud entre dos **OTU** o grupos de **OTUs**.

Al respecto, Gondar (2000) define al análisis de conglomerados como un conjunto de técnicas que se utilizan para clasificar los objetos o casos en grupos relativamente homogéneos denominados conglomerados (cluster). Este análisis se conoce con los nombres de análisis de clasificación, taxonomía numérica, clasificación automática o análisis **Q**.

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).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El trabajo de investigación se realizó en el año agrícola 2003 - 2004 en los predios de la Estación Experimental Belén, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, la Estación se encuentra localizada en la provincia Omasuyos comunidad Belén del departamento de La Paz, a una distancia de 3 km de la población de Achacachi, geodésicamente se encuentra en una latitud de 16° 01' 12" y longitud oeste de 68° 42' 02" y una altitud de 3816 m.s.n.m.

3.1.1 Características del área de estudio

3.1.1.1 Suelo

La topografía de la zona es suavemente ondulada con suelo de origen aluvial, muy profundo, no inundable con permeabilidad de varía de moderada a muy poco permeable en todo el perfil. El suelo donde se encuentra la Estación Experimental Belén, presenta una pendiente levemente inclinada (2 – 5%), con poca grava en la superficie, la capa superficial presenta textura mediana (franco), estructura blocosa y granular media, firme en húmedo él pH varía de ligeramente ácido a neutro (6.4 a 6.8). El contenido de materia orgánica varía de bajo a medio (0.05 a 3.07%) (Quispe, 1997).

3.1.1.2 Clima

Según datos meteorológicos de los últimos años la Estación Experimental Belén, la precipitación media anual es de 473.7 mm con algunas variaciones en la zona costera al lago. De forma general, los parámetros meteorológicos que le caracterizan se presenta en el (Cuadro 4).

Cuadro 4. Parámetros meteorológicos de la Estación Experimental Belén.

Parámetro	Medida	Parámetro	Medida
• Precipitación anual media	473.7 mm	• Velocidad del viento media anual	12.80 km/hr
• Temperatura media anual	7.2 °C	• Promedio anual de horas sol	2859.00 hr
• Promedio de temperatura máxima	14.60 °C	• Evaporación media anual	1434.00 mm
• Promedio de temperatura mínima	1.0 °C	• Días promedio de heladas al año	170.00 días
• Humedad relativa media anual	65.80 %	• Días promedio de granizo al año	4.00 días

FUENTE: SENAMHI (PDM, 2001 - 2005)

En cuanto a los riesgos climáticos, éstos son delimitados por la distribución de lluvias éste se concentra más entre Diciembre a Marzo y en los meses Abril a Noviembre la precipitación es baja.

La temperatura media anual es de 7.2 °C, la humedad relativa media anual es de 65.80% las heladas son muy frecuentes a partir del mes de Abril a Agosto (SENAMHI, 2001 – 2005), (Cuadro 4).

3.1.1.3 Vegetación

La vegetación natural de la planicie existente en la zona es de carácter bosque húmedo con montañas subtropicales donde el tipo de vegetación predominante se compone de las especies herbáceas de estrato alto como: Chillihua (*Festuca dolichophilla* J. Presl), Jichu (*Stipa ichu* Ruiz) y Iru Jichu (*Festuca ortophilla*); herbáceas de estrato bajo como Keña (*Calagramostis vicunarum*), Chiji (*Distichlis humilis* Phil), Layo Layo (*Trifolium amabilis*), Sillu Sillu (*Lackemilla pinnata*), Cebadilla (*Bromus catharticus* Valh), Cola de

ratón (*Hordeum andicola* Lineo), y otros. Entre los arbustos Añahuaya (*Adesmia spinosissima*), y Kiswara (*Buddleja coriácea*) (Quispe, 1997).

3.2 Materiales

3.2.1 Material genético

El material genético utilizado en el presente estudio corresponde a 120 accesiones de germoplasma de cañahua que forman parte del Banco de germoplasma de la Estación Experimental Belén que está a cargo del programa granos andinos (PROGRANO) de la Facultad de Agronomía.

3.2.2 Material de campo

En las labores de campo se utilizaron los siguientes materiales:

- Preparación del terreno: Tractor agrícola con sus respectivos implementos discos y rastra.
- Delimitación de bloques: se utilizó huincha métrica de 100 m, flexómetro de 3 m, estacas de madera y cuerda de yute.
- Siembra y labores culturales: Chontillas, picotas y azadones.
- Muestreo de las accesiones: Marbetes de 2 x 4 cm hilo de algodón.
- Toma de datos: Lupa, cámara fotográfica y descriptores.
- Cosecha de las plantas: Bolsas de papel, hoces, lonas, tamizador.

3.2.3 Material de gabinete

- Computadora y Disquetes.
- Paquete Estadístico SPSS versión 11.5 para el análisis de los datos registrados en las 120 accesiones de germoplasma de cañahua.

3.3 Método

3.3.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó aproximadamente con un mes de anticipación (25 de Octubre de 2003) a la siembra. Labor que consistió en la roturación del terreno con un tractor agrícola a una profundidad de 30 cm, realizada esa labor se hizo la rastrada para el emparejado del terreno y el establecimiento de la cama de semillas y raíces del cultivo.

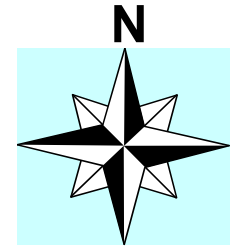
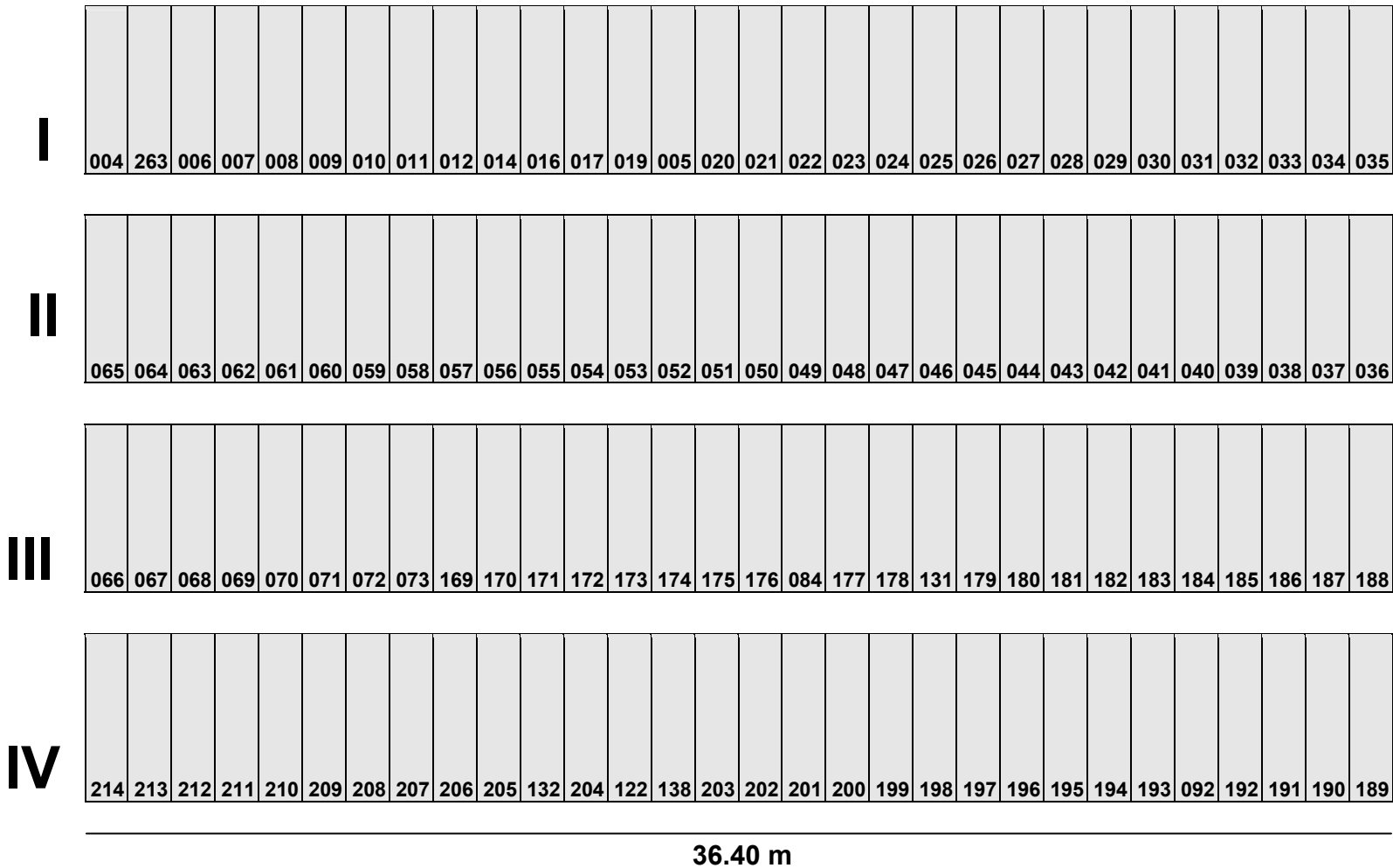
El experimento consistió en el establecimiento de parcelas de observación de 5 metros de longitud separadas por pasillos de un metro de longitud, de acuerdo al croquis de campo (Figura 1). Siguiendo las técnicas de siembra las 120 accesiones de germoplasma de cañahua se establecieron en 4 surcos / parcela espaciados por 0.40 metros cada surco, trazándose 4 bloques de 30 accesiones cada uno. él cual permitió realizar la evaluación y caracterización agronómica y morfológica del germoplasma de cañahua.

3.3.2 Siembra

La siembra se llevó a cabo el 21 de Noviembre de 2003, cada accesión se sembró en cuatro surcos de 5 m de longitud espaciados a 0.40 m. Se trazó cuatro bloques de 120 surcos cada uno separado por pasillos de 1 m. Una vez hecha la apertura de los surcos se colocó las semillas en forma manual para garantizar la emergencia de un número adecuado de plantas por accesión.

3.3.3 Labores culturales

Se realizaron deshierbes manuales de acuerdo a la presencia de malezas que se presentaron en las diferentes fases de crecimiento del cultivo. La primera labor de deshierbe fue después de la emergencia del plantas, en fechas 29 al 31 de Enero de 2004. El segundo deshierbe se hizo al inicio de la floración de las plantas en fechas



23.00 m

Referencia:

Área total del ensayo: 960 m²
 Área de cada bloque: 182 m²
 Área neta del ensayo: 728 m²
 Distancia entre surcos: 0.40 m
 Longitud de surcos: 5.0 m
 Número de accesiones: 120
 Ancho de surcos: 5.0 m
 Número de surcos / accesión: 4

CROQUIS EXPERIMENTAL

Figura 1. Representación del campo experimental Estación Experimental Belén.

26 al 28 de Febrero de 2004 y posteriormente un aporque durante la época de floración de las plantas en fechas 9 al 10 de Marzo de 2004.

Fue necesario realizar raleos de las plantas en cada accesión después de la emergencia de las plantas dejando espacios de 0.1 a 0.15 m de distancias entre plantas logrando de ésta manera el desarrollo normal de las mismas.

3.3.4 Cosecha

La cosecha de cada material genético se realizó conforme las plantas alcanzaron la madurez fisiológica, en fechas 3 al 24 de Mayo de 2004 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 ésta forma la pérdida de grano.

La trilla fue en forma manual e individual de cada material genético, separando la broza del grano, a través del venteo. Por ultimo se realizó el envasado de la semilla de cada accesión en frascos de plástico.

3.3.5 Variables de registro

El registro de variables se realizó basándose en la guía de descriptores propuestos por los autores Rojas y Pinto (2003), para lo cual fueron consideradas 14 variables cuantitativas y 16 variables cualitativas; de las cuales solo se tomó en cuenta 14 variables cuantitativas para el análisis, el resto de las variables fueron descartados debido al bajo aporte de información a la varianza total. Así mismo, solo se consideraron 10 variables cualitativas en la interpretación de los resultados el resto no diferenció a los grupos de las accesiones.

La evaluación de la variables fenológicas se efectuó sobre el total de las plantas, sin embargo, la caracterización se realizó en 10 plantas seleccionadas al azar en cada accesión, las mismas, que fueron identificadas con marbetes correspondientes.

3.3.5.1 Días a la emergencia (DE)

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.

3.3.5.2 Días al inicio de floración (DIF)

Se registró el número de días transcurridos mediante observaciones diarias desde la siembra hasta que el 50% de las plantas iniciaron la floración en las ramas principales de la planta.

3.3.5.3 Días al final de la floración (DFF)

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten flores abiertas.

3.3.5.4 Días a la madurez fisiológica (DMF)

Se registró el número de días que trascurrieron desde la siembra hasta que el 50% de las plantas alcanzaron la madurez fisiológica. Esta fase fenológica se caracteriza por la diferenciación a simple vista del episperma y del embrión, la semilla difícilmente es partida bajo la presión de las uñas de los dedos.

3.3.5.5 Longitud de lámina (LL)

Fueron medidos en centímetros del tercio medio de las plantas, 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 pecíolo (media de 10 plantas).

3.3.5.6 Ancho de lámina (AL)

Se midió de un extremo a otro, de la hojas recolectadas del tercio medio de las plantas,

durante la fase de floración de las plantas (media de 10 plantas).

3.3.5.7 Longitud de pecíolo (LP)

Esta variable fue medida en centímetros, a partir de la base de la hoja hasta el final del pecíolo en las hojas del tercio medio y durante la fase de floración de las plantas (media de 10 plantas).

3.3.5.8 Número de dientes en la lámina (NDL)

Esta característica se registró contando el número de dientes por hojas del tercio medio de las plantas y durante la fase de floración de las mismas (media de 10 plantas).

3.3.5.9 Altura de planta (AP)

Esta variable se midió en centímetros, el procedimiento consistió en medir desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la planta, cuando las plantas alcanzaron la fase de madurez fisiológica (media de 10 plantas).

3.3.5.10 Cobertura foliar (CF)

Se midió en centímetros transversalmente de un extremo a otro de las ramas de las plantas, considerando dos mediciones por plantas, cuando las plantas alcanzaron la fase de madurez fisiológica (media de 10 plantas) (Foto 1. Anexos).

3.3.5.11 Número de ramas primarias (NRP)

Esta característica se registró, contando el número de ramas desde la base hasta el segundo tercio de las plantas durante la fase de madurez fisiológica de las plantas (media de 10 plantas) (Foto 2. Anexos).

3.3.5.12 Rendimiento de grano por planta (RGP)

Esta característica se registró con el pesaje de los granos de la plantas en gramos y corresponde al rendimiento promedio de 10 plantas por accesión.

3.3.5.13 Diámetro del tallo principal (DTP)

El diámetro del tallo principal de las plantas se registró en milímetros, con la ayuda de un calibrador, en la parte media del tercio inferior de las plantas, cuando las plantas alcanzaron la fase de madurez fisiológica (media de 10 plantas) (Foto 3. Anexos).

3.3.5.14 Índice de cosecha (IC)

El índice de cosecha se determinó tomando como 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 10 plantas seleccionadas y posteriormente realizar la trilla y el venteo del grano. Finalmente se peso el grano de las plantas. Para el calculo del índice de cosecha se utilizó la siguiente formula adaptada por Mamani, (1994).

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

Donde: PG = Peso de grano.
PB = Peso de broza.

3.3.5.15 Hábito de crecimiento (HC)

Se registró ésta característica considerando la siguiente clasificación: La cañahua puede ser de tipo **Lasta** cuando sus ramificaciones son decumbentes y se inicia desde el cuello de la planta; **Saihua** si presenta ramificaciones paralelas al tallo principal dando la apariencia de ser más erectas y **Pampalasta** cuando sus ramificaciones son semidecumbentes también considerados plantas silvestres. Esta variable se caracteriza de acuerdo a la siguiente codificación:

- 1 Saihua.
- 2 Lasta.

3 Pampalasta.

3.3.5.16 Forma del tallo principal (FTP)

Se registró ésta característica haciendo observaciones en el cuello de la planta, durante la fase de floración de las plantas utilizando para este fin el descriptor de germoplasma de cañahua. Se consideró la siguiente codificación:

1 Cilíndrico.

2 Anguloso.

3.3.5.17 Presencia de estrías (PE)

En las plantas se registró ésta característica utilizando el descriptor para la 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.

3.3.5.18 Presencia de axilas pigmentadas (PAP)

Esta característica se registró utilizando el descriptor de cañahua propuesto por los autores anteriormente mencionados durante la fase de floración de las plantas y de acuerdo a la siguiente codificación:

1 Presente.

2 Ausente.

3.3.5.19 Color de estrías (CE)

Se registró ésta característica utilizando el descriptor de cañahua. Trabajo que consistió el 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.

3.3.5.20 Formas de lámina foliar (FL)

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

- 1 Romboidal.
- 2 Triangular.

3.3.5.21 Perfil de lámina foliar (PL)

Está característica, se registró utilizando el descriptor de cañahua durante la fase de floración de las plantas. Las observaciones se realizaron en las hojas del tercio medio de las plantas. Para este propósito la información fue obtenida considerando la siguiente codificación:

- 1 Recta.
- 2 Ondulada.

3.3.5.22 Borde de lámina foliar (BL)

Se registró ésta 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).

3.3.5.23 Tipo de nervadura (TN)

Esta característica se registró utilizando el descriptor de cañahua durante la fase de floración de las plantas. Las observaciones se realizaron en las hojas del tercio medio de las plantas, de acuerdo a la siguiente codificación:

- 1 Retinervada.
- 2 Tres nervaduras

3.3.5.24 Color del pecíolo (CPC)

Esta característica se registró en los pecíolos de las hojas del tercio medio de las plantas durante la fase de floración de las plantas, considerando la siguiente codificación:

- 1 Verde.
- 2 Verde - Rojo.
- 3 Rojo.

3.3.5.25 Color de lámina (CL)

Esta característica se registró utilizando el descriptor de cañahua, cuando cada accesión llegó a la fase de floración. Las observaciones se realizó en las hojas del tercio medio de las plantas y considerando la siguiente codificación:

- 1 Verde.
- 2 Verde - Rojo.
- 3 Rojo.

3.3.5.26 Caedicidad del grano (CG)

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

- 1 Caedizo.
- 2 Persistente.

3.3.5.27 Color del tallo a la madurez fisiológica (CT)

En la fase de madurez fisiológica de las plantas se registró ésta característica utilizando el descriptor de cañahua considerando la siguiente codificación. Tabla de colores Munsell (Muñoz *et al.*, 1993). (Foto 4. Anexos)

- 1 Amarillo Claro.
- 2 Crema Suave.
- 3 Crema Oscuro.
- 4 Pajizo.
- 5 Rosado Claro.
- 6 Rosado.
- 7 Anaranjado.
- 8 Café Rojizo.

3.3.5.28 Color de la planta a la madurez fisiológica (CP)

Está 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.*, 1993) (Foto 5. Anexos).

- 1 Amarillo Claro.
- 2 Crema Suave.
- 3 Crema Oscuro.
- 4 Pajizo.
- 5 Rosado Claro.
- 6 Rosado
- 7 Anaranjado.
- 8 Café Rojizo.

3.3.5.29 Color del pericarpio (CPR)

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.

3.3.5.30 Vigor a la emergencia (VE)

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.

3.3.6 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.

3.3.6.1 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) cuyos valores representativos se detallan en los siguientes Cuadros.

3.3.6.2 Coeficiente de correlación simple (Pearson)

El coeficiente de correlación de Pearson mide al grado de asociación lineal entre dos variables medidas en escala de intervalo o de razón, tomando valores entre 1 y -1. Valores próximos a 1 indican fuerte asociación lineal positiva (a medida que aumenta los valores de una de las dos variables, aumentan los de la otra); valores próximos a -1 indican fuerte asociación lineal negativa y valores próximos a cero indican que no existe asociación lineal. (Little y Hills, 1991).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - X_j)(X_{ik} - X_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - X_j)^2 \sum_{i=1}^n (X_{ik} - X_k)^2}}$$

Para el análisis de los datos de la matriz básica se eligió el “coeficiente de Pearson”, se aplican a datos multiestados cuantitativos, además porque las unidades de variables son diferentes, como es el caso del presente estudio, donde se manejan unidades en centímetros, milímetros, días y gramos.

3.3.6.3 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.

La variabilidad total explicada por un factor viene dada por el autovalor correspondiente (Autovalores iniciales: Total), donde la suma de todos los autovalores coincide con el número de variables observadas. La razón de dicha coincidencia radica en que el análisis se realiza sobre una transformación de las p variables tal que la variabilidad total de la nube de puntos, considerando los valores transformados, es igual a p . El porcentaje de la variabilidad total de la muestra explicado por dicho factor viene dada por el porcentaje de la varianza es igual a: (Ferrán, 2001)

$$\text{Porcentaje de la varianza} = F_{1...F_n} / p * 100$$

3.3.6.4. 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).

3.3.6.5 Análisis descriptivo de las variables cualitativas que 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)

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se basan en 120 accesiones de cañahua, 14 variables son cuantitativas y 16 variables cualitativas, información en la que se ha evaluado y estructurado una Matriz Básica de Datos (A1) y se procedió a los análisis: descriptivo, de correlación, multivariado y el análisis descriptivo para cada grupo

4.1 Análisis estadístico descriptivo

4.1.1 Variables cuantitativas

En el análisis y la interpretación de los resultados sólo se engloba a 116 accesiones, puesto que no germinaron cuatro accesiones, probablemente a causas de un prolongado almacenamiento de la semilla o factores agroclimáticos.

Cuadro 5. Parámetros estadísticos de tendencia central y de dispersión para las características cuantitativas.

Características	Código	Promedio	R.V.	D.S	C.V.(%)
Días a la emergencia (días)	DE	31.04	16.00 – 41.00	7.68	24.75
Días al inicio de floración (días)	DIF	83.72	56.00 – 121.00	18.60	22.22
Días al final de la floración (días)	DFE	103.59	71.00 – 139.00	18.13	17.50
Días a la madurez fisiológica (días)	DMF	137.58	103.00 – 173.00	18.16	13.20
Longitud de lámina (cm)	LL	1.89	1.02 – 2.86	0.31	16.42
Ancho de lámina (cm)	AL	1.57	1.07 – 2.65	0.32	20.11
Longitud de peciolo (cm)	LP	0.99	0.51 – 1.70	0.25	25.64
Número de dientes en la lámina (N°)	NDL	3.54	1.30 – 5.10	0.51	14.28
Altura de planta (cm)	AP	23.75	9.75 – 42.05	6.37	26.82
Cobertura foliar (cm)	CF	15.06	5.14 – 39.02	8.00	53.11
Número de ramas primarias (N°)	NRP	7.86	5.41 – 12.00	1.47	18.66
Diámetro de tallo principal (mm)	DTP	3.19	1.76 – 5.89	0.75	23.39
Rendimiento de grano por planta (gr)	RGP	10.83	1.68 – 41.00	7.89	72.87
Índice de cosecha	IC	44.71	18.35 – 79.37	10.89	24.36

D.S. = Desviación estándar.

R.V. = Rango de variación.

CV(%) = Coeficiente de variación.

El Cuadro 5, refleja la especificación global de los parámetros estadísticos estimados para cada característica cuantitativa y se analizan los valores estadísticos más importantes como el promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y rango de variación que es utilizado como base para discriminar y explicar así el comportamiento individual de cada variable respecto a las diferentes accesiones del germoplasma de cañahua.

4.1.1.1 Días a la emergencia

El promedio de los días transcurridos desde la siembra a la emergencia de las plantas es igual a 31.04 días, con un coeficiente de variación del 24.75 % el cual se encuentra directamente relacionado al promedio. Este valor del promedio evidencia una amplia variabilidad existente en el material genético que es expresado por su desviación estándar igual a 7.68 días (Cuadro 5).

El rango de variación se encuentra entre los valores de 16.00 – 41.00 días, siendo predominante el número de accesiones al promedio, mientras en menor proporción los encontrados en los extremos. En el extremo inferior se encuentran las accesiones 004, 011, 016, 034; las accesiones que se encuentran en el extremo superior corresponden a 006, 182, 183, 184.

Para el caso de las accesiones 006, 182, 183, 184, y otras encontradas en el extremo superior y que sobrepasan los valores de emergencia normal, se puede atribuir probablemente a factores de almacenamiento y conservación del material genético (humedad del ambiente físico, temperatura y tiempo de almacenaje) y agroclimáticos (falta de precipitaciones antes de la emergencia de las plantas lo cual incide en forma directa en la humedad del suelo) que no contribuyeron en forma positiva a la emergencia de las plantas.

4.1.1.2 Días al inicio de floración

Los días al inicio de la floración de las plantas se caracteriza por presentar

inflorescencia en cada rama lateral, la floración se inicia en el ápice de la planta dirigiéndose a la parte basal, la distribución de las flores es mayor (60 – 80%) en el tercio superior de la inflorescencia, seguido del tercio medio y el tercio inferior; la flor apical es la primera donde se produce la apertura de la misma.

El tiempo promedio en que las accesiones llegaron a este momento fenológico de la fase de floración fueron de 83.72 ± 18.60 días; mientras que el coeficiente de variación fue de 22.20%, debido a la amplia variabilidad del germoplasma para este carácter. El rango de variación para ésta característica oscila entre 56.00 – 121.00 días. Las accesiones que alcanzaron más temprano el inicio de floración correspondieron a las accesiones 016, 020, 023, 024, 026 sin embargo, las accesiones que más tardaron en llegar al inicio de la floración corresponden a 092, 171, 177, 192, 193 son accesiones que presentaron valores irregulares que probablemente se atribuyan a la germinación tardía.

Al respecto Arteaga (1996), reporta rangos de variación para el inicio de floración 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. En ambos estudios, los rangos de variación para ésta variable fueron diferentes a los resultados obtenidos en el presente trabajo, ésta disparidad podría explicarse probablemente al carácter genotípico de cada accesión, a la conservación del material genético y agroclimáticos que tienen influencia, éste último sobre las condiciones de emergencia, crecimiento, desarrollo y reproducción de las plantas.

4.1.1.3 Días al final de la floración

Los días al final de la floración se caracteriza por la presencia de las últimas 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 ésta característica es de 104.00 ± 18.13 días, con un coeficiente de variación de 17.50% que representa alto grado de variación. El rango de variación fue de 71.00 a 139.00 días entre las que alcanzaron más temprano ésta

característica con relación a las accesiones que más tardaron en llegar a finalizar la floración.

Las accesiones que alcanzaron más temprano ésta característica corresponden a las accesiones 016, 022, 023, 024, 026 y las accesiones que más tardaron corresponden a 122, 177, 181, 197, 198.

4.1.1.4 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. El tiempo promedio para ésta característica fenológica fueron de 138.00 ± 18.16 días, mientras, que el coeficiente de variación es de 13.20%. El rango de variación se encuentra a 103.00 días, en aquellas accesiones precoces y que corresponden a 016, 020, 022, 023, 024, 070; sin embargo, el tiempo más prolongado para alcanzar ésta fase de madurez fisiológica es de 173.00 días, presentándose en las accesiones 092, 122, 177, 192, 193.

En el caso de las accesiones precoces presentan caracteres genotípicas propias para sobrevivir y escapar a las condiciones climáticas del altiplano. Ocurre lo contrario en aquellas accesiones tardías, donde por las características que tiene cada material y las condiciones agroclimáticas de la zona probablemente intervinieron 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.

4.1.1.5 Longitud de lámina

El Cuadro 5, muestra un rango de variación de 1.02 cm para aquellas láminas pequeñas y de 2.86 cm para láminas más grandes, registrándose como tamaño promedio a 1.89 ± 0.31 cm. El coeficiente de variación alcanzó el 16.40% que indica que existe amplia variabilidad para ésta característica.

Las accesiones que presentaron una menor longitud de lámina fluctúan de 1.02 a 1.98 cm, dentro éste rango se encuentran las accesiones 027, 039, 043, 062, 069. Mientras las accesiones que presentaron mayor longitud de lámina variaron de 2.56 a 2.86 cm que corresponden a 006, 169, 195, 210, 263.

Las accesiones que presentan longitudes de láminas 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 contribuyen a una lenta formación y maduración del 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.

4.1.1.6 Ancho de lámina

Esta variable registró un promedio de 1.57 ± 0.32 cm, con un coeficiente de variación del 20.10% que expresa amplia. El ancho de lámina varía de 1.07 cm, para el caso de las accesiones con láminas angostas y 2.65 cm, para las accesiones con láminas anchas. Mientras, la mayor parte de las accesiones presentan valores de ancho de lámina muy cercanas al promedio registrado. Las accesiones con láminas angostas están formadas por 059, 068, 180, 206, 209, y las que presentan mayor ancho de lámina corresponden a 006, 014, 023, 169, 263.

Esta variación registrado 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 presentan 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.

4.1.1.7 Longitud de pecíolo

El Cuadro 5, muestra un alto grado de variabilidad en la longitud de pecíolo, donde el coeficiente de variación fue de 25.60% que llega a ser el valor más alto entre las variables de lámina. Esta característica presenta un promedio de 0.99 ± 0.25 cm; mientras, la mayoría de las accesiones presentan valores cercanos al promedio reportado.

El rango de variación para la longitud de pecíolo fue de 0.51 a 1.70 cm. Las accesiones de pecíolo pequeño corresponden a 059, 061, 180, 209, 211; sin embargo, las accesiones de pecíolos largos están formados por 004, 012, 014, 017, 020; éste conjunto de accesiones también mostró valores mayores y menores en las variables longitud y ancho de lámina, demostrando que existe un alto grado de variabilidad y asociación entre estas variables.

4.1.1.8 Número de dientes en la lámina

El promedio para esta variable fue de 3.54 ± 0.51 dientes, encontrándose en la mayor parte de las accesiones número de dientes en las láminas cercanas a éste valor. Mientras, el coeficiente de variación fue de 14.3 % (Cuadro 5). El rango de variación para el número de dientes en la lámina es de 1.30 dientes en plantas con menos dientes en la lámina y corresponden a las accesiones 023, 059, 062, 070, 122; mientras, las accesiones con mayor número de dientes (5,10) corresponden a las accesiones 006, 029, 169, 213, 263.

Arteaga (1996), reportó número de dientes en las láminas de las accesiones de cañahua de 3.60 a 9.40 dientes. Por su parte Calle (1980), indica valores de tan solo 3.00 a 5.00 dientes en las láminas de cañahua cultivada en el altiplano boliviano (altiplano central).

4.1.1.9 Altura de planta

La altura de planta registró un promedio de 23.75 cm; con un coeficiente de variación de 26.82% éste valor indica que existe un alto grado de variabilidad para esta característica. Probablemente éste influenciado por el medio ambiente y genético en el cual fueron caracterizados. El rango de variación para la altura de la planta fue de 9.75 cm para plantas pequeñas a 42.05 cm para plantas altas en todo el conjunto de accesiones de cañahua (Cuadro 5).

Las accesiones pequeñas (altura de planta = 9.75 cm) concentradas en el extremo inferior corresponden a las accesiones 023, 053, 059, 060, 208 entre plantas de hábito lasta saihua y pampalasta. Mientras, Las plantas de cañahua altas (altura de planta = 42.05 cm) concentradas en el extremo superior están formadas por las accesiones 008, 009, 011, 012, 263.

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.

4.1.1.10 Cobertura foliar

El cuadro 5, muestra que el promedio para esta variable fue de 15.06 ± 8.00 cm y el coeficiente de variación fue alto (52.73%) debido a la amplia variabilidad del germoplasma para este carácter. El rango de variación fue de 6.18 cm para aquellas accesiones con menor cobertura foliar mientras, 39.02 cm corresponden las accesiones con mayor cobertura foliar entre las plantas de hábito saihua, lasta y pampalasta.

Las accesiones que forman cobertura foliar menor a 5.14 cm están formadas por las accesiones 049, 053, 187, 206, 207; sin embargo, la mayor cobertura foliar (39.02 cm) se presentó en las accesiones 007, 008, 014, 064, 263. Estas diferencias probablemente se deban a sus condiciones genéticas que caracterizan a los diferentes hábitos de crecimiento que presentan el conjunto de germoplasma 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 ± 8.51 cm entre lastas y saihuas.

4.1.1.11 Número de ramas primarias

Esta variable se encuentra directamente influenciada por el hábito de crecimiento que presenta las accesiones estudiadas. Las plantas con hábito de crecimiento lasta presentan mayor número de ramas primarias, mientras las saihuas presentan menor número de ramas primarias. En ésta variable se obtuvo un promedio de 7.86 ± 1.47

ramas primarias, encontrándose la mayor parte de las accesiones estudiadas cercanas a este valor (Cuadro 5).

El rango de variación oscila entre 5.41 ramas para cañahuas con menor número de ramas primarias que corresponde a las accesiones 027, 032, 034, 035, 211; mientras, las plantas con mayor número de ramas primarias (12.00 ramas) corresponden a las accesiones 007, 009, 010, 064, 263.

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. A su vez, Benito (1995) reporta número de ramas primarias que oscilan entre 5.00 a 8.00 y Miranda *et al.*, (1979), quienes indican que el número de ramas por planta varía entre 5.00 a 10.00 ramas.

4.1.1.12 Diámetro de tallo principal

Esta variable registró un promedio de 3.19 ± 0.75 mm con coeficiente de variación de 23.39% que representa un alto grado de variabilidad para esta característica así mismo, el rango de variación fluctúa entre 1.76 mm para tallos con diámetros delgados, mientras para tallos gruesos el diámetro fue de 5.98 mm, sin embargo, la mayor parte de las accesiones que presenta esta característica se encuentran muy cercanas al promedio (Cuadro 5).

Los tallos con diámetros delgados 1.76 mm se presentan en las accesiones 023, 039, 053, 060, 067; por el contrario los tallos con diámetros gruesos 5,98 mm corresponden a las accesiones 008, 010, 014, 016, 263; éste desarrollo es trascendente en el diámetro de tallo y está sujeta a sus características genéticas.

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.

4.1.1.13 Rendimiento de grano por planta

El rendimiento de grano por planta alcanzó un promedio de 10.83 gr y un coeficiente de variación de 72.87%, valor que indica que existe un alto grado de variabilidad para ésta variable. Con relación al rango de variación éste oscila valores de 1.68 para las accesiones con menor rendimiento de grano por planta, mientras las accesiones con mayor rendimiento por planta presentan rendimientos de 41.00 gr. (Cuadro 5).

Las accesiones con rendimientos bajos en grano (1.68 gr) están conformadas por las accesiones 032, 053, 068, 189, 209; mientras, las accesiones que registraron mayores rendimientos de grano por planta (41.00 gr) corresponden a 009, 010, 011, 012, 014 considerándose los rendimientos más elevados de todas las accesiones evaluadas.

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 gr.

4.1.1.14 Índice de cosecha

El índice de cosecha presenta un promedio de 0.448 y su coeficiente de variación es de 24.10% (Cuadro 5); mientras, el rango de variación oscila entre 0.1835 a 0.7937. Los índices de cosecha más bajos (0.1835) están representados por las accesiones 016, 019, 035, 122,189; en tanto, que los índices de cosecha mas altos (0.7937) se presentan en las accesiones 012, 023, 048, 057, 065.

Arteaga (1996), reporta un amplio rango de variación para él índice de cosecha, valor que fluctúa entre los 0.0213 a 0.8380 en las accesiones de menor a mayor índice de

cosecha. Por su parte, Copeticona (2000), reportó índice de cosecha de 0.257 a 0.325; mientras, Marín (2002) determinó índices de cosecha de tan solo 0.270 a 0.290.

4.1.2 Variables cualitativas

La información registrada en los siguientes cuadros, 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 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.

4.1.2.1 Hábito de crecimiento

Ésta característica es de alta heredabilidad y capaz de expresarse en cualquier medio ambiente, existiendo formas de crecimiento: como lastas, saihuas y pampalasta; la primera se caracteriza por ser semierguida 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 pampalasta se caracterizan por presentar tallos semidecumbentes.

Cuadro 6. descripción de la variable hábito de crecimiento

Hábito de crecimiento	Categoría	Número de accesiones	Porcentaje(%)
Saihua	1	50	43.10
Lasta	2	65	56.03
Pampa Lasta	3	1	0.86
Total		116	100.00

El Cuadro 6, muestra la variación para el hábito de crecimiento, de las 116 accesiones evaluadas, 49 accesiones corresponden al hábito de crecimiento saihua, que representa el 43.10% del total de las accesiones; mientras, 66 accesiones tienen crecimiento lasta con un 56.03%, y una accesión tiene crecimiento pampalasta (accesión 025); a través

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

Por su parte Rojas *et al.*, (2002), reportan tres hábitos de crecimiento: lastas, saihuas y postrado, mientras Quisbert (2000), reporta plantas con hábito de crecimiento en siete accesiones que corresponden a saihuas y 13 accesiones son lastas. A su vez Mamani (1994), reportó variedades de cañahua con hábito de crecimiento lasta y saihua.

4.1.2.2 Color de estrías

Según tabla de colores para los vegetales basado en Munsell se identificaron 5 tonos o estados de color de estrías, los cuales fueron recodificados inicialmente con relación a la extensión de degradación del tono de color (claro a oscuro).

Cuadro 7. Descripción de la variable color de estrías (CE)

Color de estrías	Categoría	Número de accesiones	Porcentaje(%)
Verde Amarillo	2	1	0.86
Amarillo	3	17	14.66
Rojo Amarillo	4	52	44.83
Rojo	5	46	39.66
Total		116	100.00

Los resultados obtenidos se presenta en él Cuadro 7, donde se observa que existe una amplia variación de tonos de color en estrías en las 116 accesiones; 1 accesión pertenece a la escala 2, presentando estados de color verde amarillo que equivale al 0.86% del total de la población, también se observa un grupo de 17 accesiones (14.66%) con escala de valor 3, que tiene el color amarillo; mientras, grupos de 46 y 52 accesiones presentan el color rojo y rojo amarillo respectivamente.

4.1.2.3 Color de tallo a la madurez fisiológica

De acuerdo a la información registrada 5.17% de la población del germoplasma presentan estados de color amarillo claro en el tallo durante la madurez fisiológica, porcentaje que equivale a 6 accesiones; también se observa un grupo de 11 accesiones

que presentan colores de tallos crema suave que representa 9.48%, y 7 accesiones son de color crema oscuro. Los grupos conformados por 1 y 2 accesiones presentan estados de color rosado claro y anaranjado corresponden a los porcentajes más bajos de la población con 0.86 y 1.72 % respectivamente; mientras los grupos de 22, 23 y 44 accesiones constituyen estados de color pajizo, café rojizo y anaranjado con los mayores porcentajes en la población del germoplasma.

Cuadro 8. Descripción de la variable color del tallo a la madurez fisiológica

Color del tallo	Categoría	Número de accesiones	Porcentaje(%)
Amarillo Claro	1	6	5.17
Crema Suave	2	11	9.48
Crema Oscuro	3	7	6.03
Pajizo	4	22	18.97
Rosado Claro	5	2	1.72
Rosado	6	44	37.93
Anaranjado	7	1	0.86
Café Rojizo	8	23	19.83
Total		116	100.00

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.

4.1.2.4 Formas 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 característico de la planta en que se desarrolla, muchas especies vegetales pueden ser identificadas simplemente por sus hojas.

De acuerdo a la información registrada en el Cuadro 9, el 91.8% de la población del germoplasma presentan formas de lámina foliar romboidal y solo el 8.62% de las accesiones constituyen formas triangulares.

Cuadro 9. Descripción de la variable formas de lámina foliar

Formas de la lámina foliar	Categoría	Número de accesiones	Porcentaje(%)
Romboidal	1	106	91.38
Triangular	2	10	8.62
Total		116	100.00

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

4.1.2.5 Color de la planta a la madurez fisiológica

En el Cuadro 10, 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 10. Descripción de la variable color de la planta a la madurez fisiológica

Color de la planta	Categoría	Número de accesiones	Porcentaje(%)
Amarillo Claro	1	3	2.59
Crema Suave	2	16	13.79
Crema Oscuro	3	7	6.03
Pajizo	4	20	17.24
Rosado Claro	5	3	2.59
Rosado	6	43	37.07
Anaranjado	7	3	2.59
Café rojizo	8	21	18.10
Total		116	100.00

Según la información registrada en el Cuadro 10, 3 accesiones presentan colores de planta amarillo claro que equivale a 2.59% del total de la población, 16 accesiones son de color crema suave que corresponde al 13.79%, 7 accesiones con presencia del color crema oscuro, 2 grupos formados por 20 y 21 accesiones que presentan tonos de color pajizo y café rojizo respectivamente, así mismo, 2 grupos formados por tres accesiones con estados de color rosado claro y anaranjado respectivamente y otro grupo formado

por 43 accesiones presentando el color rosado que corresponde al 37.07% de la población total del germoplasma de cañahua.

Vallenas y Carpio (1974), reportan coloraciones en la planta que varían desde un amarillo hasta un morado oscuro. Sin embargo, Lescano (1984), determinó la existencia de 5 colores siendo éstos: rosado, rojo, amarillo, anaranjado y morado. Por su parte Arteaga (1996), al caracterizar accesiones de germoplasma de cañahua en el altiplano central, registro colores en la planta que varían desde verde, amarillo, rojo, rosado, morado, anaranjado hasta guindo.

4.1.2.6 Tipo de nervadura

La nervadura se caracteriza por presentar venas que contienen dos tipos de tejidos vasculares, estas nervaduras están rodeadas por una o más capas vasculares dándole consistencia a la hoja; por lo tanto el tipo de nervadura depende de la especie. Así mismo, las nervaduras están relacionadas con la conducción de sustancias orgánicas y a la eficiencia fotosintética.

Cuadro 11. Descripción de la variable tipo de nervadura

Tipo de nervadura	Categoría	Número de accesiones	Porcentaje(%)
Retinervada	1	92	79.31
Tres nervaduras	2	24	20.69
Total		116	100.00

Los resultados obtenidos para el carácter tipo de nervadura, se presenta en el Cuadro 11, donde se observa un grupo formado por 92 accesiones con nervadura retinervada, que corresponde a 79.31 del porcentaje total de la colección del germoplasma, mientras, otro grupo formado por 22 accesiones que presentan tres nervaduras en la lámina foliar.

Tapia (1979), señala hojas con presencia de tres nervaduras bien marcadas en la cara inferior, mientras Cano (1973), reporta hojas con tres nervaduras principales en el tercio medio de la planta. Así mismo, en las hojas del ápice, presentan una nervadura central.

4.1.2.7 Color del pecíolo

Se registró para ésta variable 18.10% de la colección general, pecíolos de color verde que representan a 21 accesiones, 75 accesiones (64.66%) presentan pecíolos verde rojo característica común en la colección, seguido de 20 accesiones (17.24%) con pecíolos rojos. Ésta característica presenta la coloración verde en el primer mes de establecido el cultivo combinando su coloración en los siguientes periodos.

Cuadro 12. Descripción de la variable color del pecíolo

Color del pecíolo	Categoría	Número de accesiones	Porcentaje(%)
Verde	1	21	18.10
Verde Rojo	2	75	64.66
Rojo	3	20	17.24
Total		116	100.00

Sin embargo, Cano (1973), reportó láminas con pecíolos de color verde oscuro en la cara superior y un color ligeramente claro en la cara inferior.

4.1.2.8 Color de lámina

De acuerdo a la información (Cuadro 13) 16.38%, del germoplasma presenta color de lámina verde, porcentaje que equivale a 19 accesiones, el germoplasma que presenta color verde rojo representa el 71.55% que equivale a 83 accesiones mientras, 12.07% de la colección de germoplasma presenta tonos de color rojo, este porcentaje equivale a 14 accesiones. La presencia del color en la lámina se debe probablemente a los pigmentos de antocianina, betacianina y xantofilas que adquieren las diversas accesiones durante sus fases fenológicas.

Cuadro 13. Descripción de la variable color de lámina

Color de lámina	Categoría	Número de accesiones	Porcentaje(%)
Verde	1	19	16.38
Verde Rojo	2	83	71.55
Rojo	3	14	12.07
Total		116	100.00

Al respecto Calle (1980), reportó láminas con tonos de color amarillo, anaranjado y rosado. Los actuales resultados comparados con el reporte de éste autor revelan diferencias que adquieren las accesiones durante sus diferentes fases fenológicas.

4.1.2.9 Color del pericarpio

El pericarpio es parte del fruto que rodea la semilla y la protege contra las inclemencias del medio ambiente y los animales; adquiere una coloración casi similar a la planta. El pericarpio de ésta especie es delgado con apariencia membranosa. Según la tabla de colores para vegetales basado en munsell se identificaron 5 tonos o estados de color de pericarpio (Cuadro 14).

Cuadro 14. Descripción de la variable color del pericarpio

Color del pericarpio	Categoría	Número de accesiones	Porcentaje(%)
Crema Suave	1	39	33.62
Pajizo	2	53	45.69
Anaranjado	3	14	12.07
Café Claro	4	1	0.86
Café Rojizo	5	9	7.76
Total		116	100.00

Se puede observar en el Cuadro 14, que existe una amplia variación de tonos de color en el pericarpio presente en las 116 accesiones; 39 accesiones (33.62%) pertenecen a la categoría 1, con estados de color crema suave, también se observa un grupo de 53 accesiones (45.69%) recodificado con el valor 2, que presenta el color de pericarpio pajizo; también otro grupo formado por 14 accesiones (12.07%) recodificado con el valor de escala 3, con el color anaranjado; a su vez, un grupo de 9 accesiones (7.76%) con el color café rojizo y otro grupo formado por una accesión que presenta el color café claro.

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.

4.1.2.10 Vigor a la emergencia (VE)

En el Cuadro 15, se puede apreciar el comportamiento del vigor a la emergencia que es un carácter cualitativo, que posiblemente sea un indicador de las plantas a los factores adversos durante el desarrollo del cultivo.

Cuadro 15. Descripción de la variable vigor a la emergencia

Vigor a la emergencia	Categoría	Número de accesiones	Porcentaje(%)
Malo	1	16	13.79
Regular	2	14	12.07
Bueno	3	86	74.14
Total		116	100.00

Se observa en el Cuadro 15, que existe un grupo formado por 16 accesiones (13.79%) que presentan un vigor a la emergencia malo, 12.07% del germoplasma presenta una emergencia regular que equivale a 14 accesiones mientras, el 74.14% presenta una emergencia bueno (86 accesiones), este ultimo representa el carácter con mayor 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 ésta 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.

4.2 Análisis multivariado

4.2.1 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.

En el Cuadro 16, se presenta la matriz de correlación entre cada par de características cuantitativas, donde la mayoría de las correlaciones fueron altamente significativas ($P \leq 0.001$). Se consideró que los valores del coeficiente de correlación > 0.239 corresponden a asociaciones correlacionados entre cada par de características y que presentan una asociación altamente significativa (Little y Hills, 1991). De ellas sobresalieron las variables fenológicas con relación a las variables agronómicas y morfológicas de la hoja.

Entre las variables fenológicas, se puede observar que en una gran mayoría la correlación es altamente significativa, donde se destaca la asociación conformada entre días al final de la floración y días a la madurez fisiológica ($r = 1.00$) así también entre días al inicio de floración con días al final de la floración y madurez fisiológica ($r = 0.966$) a su vez, los días a la emergencia entre días al inicio de floración ($r = 0.823$). Esto significa que cuanto más días tarda una accesión en la emergencia, de la misma forma demorará el tiempo al inicio de la floración, así mismo, la finalización de la floración y la madurez fisiológica. Es importante indicar que estas variables se asocian en forma negativa al índice de cosecha y rendimiento de grano por planta, sobresaliendo la correlación formada con el inicio de floración ($r = -0.249$) y días a la emergencia ($r = -0.288$) es decir, que ésta característica tiende a ser menor mientras más tardías son las fases fenológicas.

Similar comportamiento fue descrito para las accesiones de cañahua cultivadas del banco de germoplasma caracterizado en la Estación Experimental Patacamaya; en el cual, el inicio de floración se asoció positivamente con la variable días al final de la floración ($r = 0.820$), por otro lado, entre la madurez fisiológica y días a la cosecha fue de $r = 0.581$, reportando que cuanto más días tarda una accesión en llegar a finalizar la floración de la misma forma demorarán los días a la madurez fisiológica y la cosecha; mientras, el peso de la planta e índice de cosecha se asoció en forma negativa ($r = -0.537$) donde manifiesta que si bien aumenta el peso de la planta, el índice de cosecha puede aumentar o no debido principalmente a la relación que existe con el rendimiento de grano por planta en la determinación del índice de cosecha (Arteaga, 1996).

Otra correlación importante la conformaron el número de ramas primarias con la cobertura foliar ($r = 0.880$) así mismo, éstas dos variables correlacionadas con la altura de la planta ($r = 0.522$ y $r = 0.412$) a su vez, la correlación entre la altura de planta y diámetro de tallo principal ($r = 0.744$) mientras, el rendimiento de grano por planta se asoció positivamente al número de ramas primarias ($r = 0.686$) e índice de cosecha ($r = 0.569$). Indicando que aquellas plantas que desarrollan mayor tamaño, mayor número de ramificaciones, tallos gruesos y mayor cobertura foliar corresponden a plantas con rendimientos relativamente mayores de grano por planta e índice de cosecha.

Calle (1980), reportó correlaciones para el número de ramas, altura de planta y cobertura foliar cuyos valores son de $r = 0.359$ y $r = 0.443$ respectivamente; así mismo, las variables rendimiento de grano por planta, altura de planta, número de ramas primarias y cobertura foliar correlacionados positivamente ($r = 0.573$ y $r = 0.322$), afirmando, que las plantas de porte alto y de follaje frondoso tiene mayor número de ramificaciones al cual se añade rendimientos elevados de grano por planta.

También se puede observar correlaciones altas entre la longitud de lámina y ancho de lámina ($r = 0.908$) con longitud de pecíolo ($r = 0.799$) así mismo, existe otra correlación entre la longitud de lámina y número de dientes en la lámina ($r = 0.418$) mientras, la altura de la planta y diámetro de tallo principal se correlacionó positivamente con las variables longitud y ancho de lámina $r = 0.554$ y $r = 0.467$ respectivamente. Esto significa, que las plantas de mayor porte con tallos gruesos presentan láminas grandes y mayor número de dientes en las láminas.

Cuadro 16. Matriz de correlación simple entre 14 variables cuantitativas para el germoplasma de cañahua (n = 116)

Variables	DE	DIF	DFF	DMF	LL	AL	LP	ND	AP	CF	NRP	DT	RGP	IC
Días a la emergencia (DE)	1.000													
Días al inicio de floración (DIF)	0.823	1.000												
Días al fin de floración (DFF)	0.749	0.966	1.000											
Días a la madurez fisiológica (DMF)	0.748	0.966	1.000	1.000										
Longitud de lámina (LL)	0.009	0.003	-0.042	-0.042	1.000									
Ancho de lámina (AL)	-0.122	-0.153	-0.203	-0.202	0.908	1.000								
Longitud de pecíolo (LP)	-0.346	-0.361	-0.372	-0.370	0.665	0.799	1.000							
Número de dientes en la lámina (ND)	0.115	0.197	0.175	0.175	0.418	0.403	0.223	1.000						
Altura de planta (AP)	-0.084	-0.019	0.052	0.053	0.467	0.457	0.466	0.250	1.000					
Cobertura foliar (CF)	-0.056	-0.102	-0.088	-0.088	0.447	0.444	0.309	0.126	0.412	1.000				
Número de ramas primarias (NRP)	-0.060	-0.137	-0.131	-0.131	0.494	0.456	0.342	0.098	0.522	0.880	1.000			
Diámetro de tallo principal (DT)	-0.027	0.023	0.027	0.028	0.537	0.554	0.503	0.236	0.744	0.536	0.595	1.000		
Rendimiento de grano por planta (RGP)	-0.288	-0.255	-0.214	-0.213	0.475	0.523	0.541	0.077	0.639	0.631	0.686	0.587	1.000	
Índice de cosecha (IC)	-0.223	-0.249	-0.235	-0.235	0.068	0.113	0.105	-0.037	0.169	0.231	0.301	0.064	0.569	1.000

4.2.2 Análisis de componentes principales

Previo al análisis de componentes principales, se procedió a evaluar la adecuación de las variables al modelo factorial (variables fenológicas, variables agronómicas y variables morfológicas de hoja); para tal efecto, se empleo el estadístico de Káiser-Meyer-Olkin (KMO) y el test de esfericidad de Bartlett cuyos resultados de presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Medidas de adecuación de las variables cuantitativas al modelo factorial

Medida de adecuación muestral (KMO)		0.774
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	2441.614
	gl.	91
	Sig.	0.000*

* Significancia al 5 por ciento.

El estadístico de KMO (Cuadro 17), se encuentra en los rangos de aceptación estipulado por Káiser-Meyer-Olkin ($KMO = 0.774$); para el caso del test de Bartlett, el resultado obtenido ($P_{(0,000)} < 0.05$), permite rechazar la hipótesis nula de que las variables no presentan diferencias y asumir la hipótesis alterna de las variables correlacionadas significativamente.

La matriz de componentes inicial (A3) se transformó a partir del método de rotación varimax. 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. Mientras, a las variables que corresponden a distintos componentes principales están no correlacionadas entre sí.

Para tal objeto inicialmente se empleó el criterio de la raíz latente Figura 2, el cual retiene aquellos componentes principales con valores propios mayores a 1; de acuerdo a éste criterio se seleccionaron los 3 primeros componentes principales como significativos donde se concentra la mayor parte de la variabilidad total y acumulado, con un porcentaje de 75.36% (Cuadro 18).

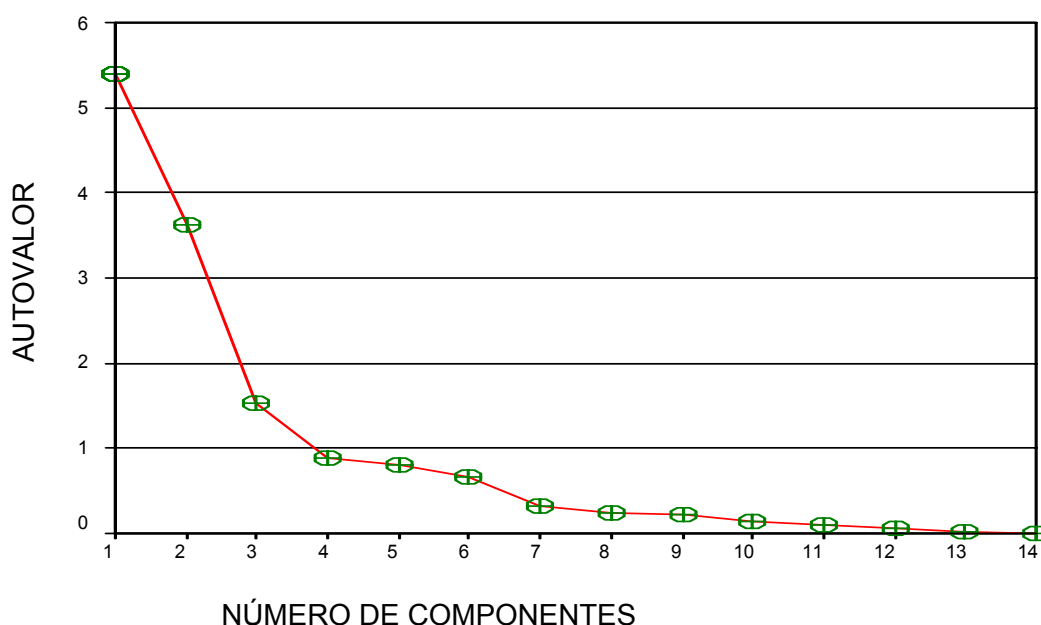


Figura 2. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización y evaluación del germoplasma de cañahua.

El primer componente principal aportó con el 28.06% de la varianza total, donde las variables con los coeficientes más altos fueron: días al inicio de floración, días a la emergencia, días al final de la floración y días a la madurez fisiológica. También fueron importantes aunque en forma secundaria: longitud de pecíolo, número de dientes en la lámina, índice de cosecha y rendimiento de grano por planta; éstas dos últimas variables contribuyeron en forma negativa.

Se puede afirmar que el primer componente principal distingue a aquellas accesiones que germinan y maduran más tardíamente, a su vez, registran índice de cosecha y rendimientos más bajos; así mismo, éstas plantas se caracterizan por presentar mayor número de dientes y menor longitud de pecíolo.

El segundo componente principal contribuyó con un 24.91% de la varianza total (Cuadro 18) sobresaliendo las variables: números de ramas primarias, rendimiento de grano por planta, cobertura foliar, altura de planta, diámetro de tallo principal e índice de cosecha, aportaron en forma secundaria las variables morfológicas de hoja.

Con relación a éste componente, se puede afirmar que caracterizan a aquellas accesiones que presentan mayor número de ramas primarias, plantas grandes con tallos gruesos y mayor cobertura foliar; lo que contribuye con un incremento en el rendimiento de grano por planta; a su vez, éstas presentan mayores dimensiones de hoja.

El tercer componente aportó con el 22.39% de la variabilidad total (Cuadro 18) identificando a las variables morfológicas de hoja: ancho de lámina, longitud de lámina, longitud de pecíolo y número de dientes en la lámina, como los de mayor contribución en la conformación de este componente; mientras, que contribuyeron en forma secundaria las variables agronómicas.

Con relación a este tercer componente, se puede determinar que distingue a aquellas accesiones que presentan: longitud de lámina, ancho de lámina, longitud de pecíolo con mayor tamaño y mayor número de dientes en la lámina; así mismo, estas accesiones presentan características agronómicas intermedias. Estos mismos resultados se encontraron en la matriz de correlaciones, corroborando de esta manera la asociación existente entre éstas variables.

Al respecto Arteaga (1996), reportó resultados con relación al peso de la planta y peso de broza como las variables que más contribuyeron a la formación del primer componente principal; mientras, el peso de grano por planta e índice de cosecha contribuyeron a la formación del segundo componente (5.76% de la variabilidad total).

4.2.2.1 Representación gráfica de las variables respecto al primer, segundo y tercer componente principal.

Para una mejor observación de las variables se procedió a la construcción de un plano

Cuadro 18. Matriz de componentes principales con rotación varimax^a para el germoplasma de cañahua

Variables	componentes principales			Comunalidades h ²
	1°	2°	3°	
Días a la emergencia	0.852	-0.083	-0.014	0.733
Días al inicio de floración	0.976	-0.091	0.016	0.961
Días al fin de floración	0.973	-0.047	-0.028	0.950
Días a la madurez fisiológica	0.973	-0.047	-0.027	0.950
Longitud de lámina	0.001	0.321	0.845	0.817
Ancho de lámina	-0.170	0.306	0.869	0.879
Longitud de pecíolo	-0.393	0.250	0.752	0.783
Número de dientes en la lámina	0.218	-0.060	0.630	0.448
Altura de planta	0.074	0.616	0.455	0.591
Cobertura foliar	-0.009	0.808	0.209	0.697
Número de ramas primarias	-0.040	0.864	0.220	0.797
Diámetro de tallo principal	0.091	0.612	0.533	0.667
Rendimiento de grano por planta	-0.212	0.846	0.257	0.827
Índice de cosecha	-0.254	0.580	-0.227	0.452
Valores propios	3.929	3.487	3.135	
Varianza total (%)	28.063	24.910	22.395	
Varianza acumulada	28.063	52.973	75.368	

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Káiser.

^a La rotación ha convergido en cinco iteraciones.

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 Figura 3, se puede apreciar de manera mucho más clara los resultados de análisis de componentes principales de las 14 variables cuantitativas, donde las variables fenológicas: días inicio de floración, días a la emergencia, días al final de la floración y madurez fisiológica son las más correlacionadas y mejor explicadas dentro de este grupo así mismo, se hallan alejadas del origen del subespacio 1 y el ángulo que forman es próximo a cero grados. 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.

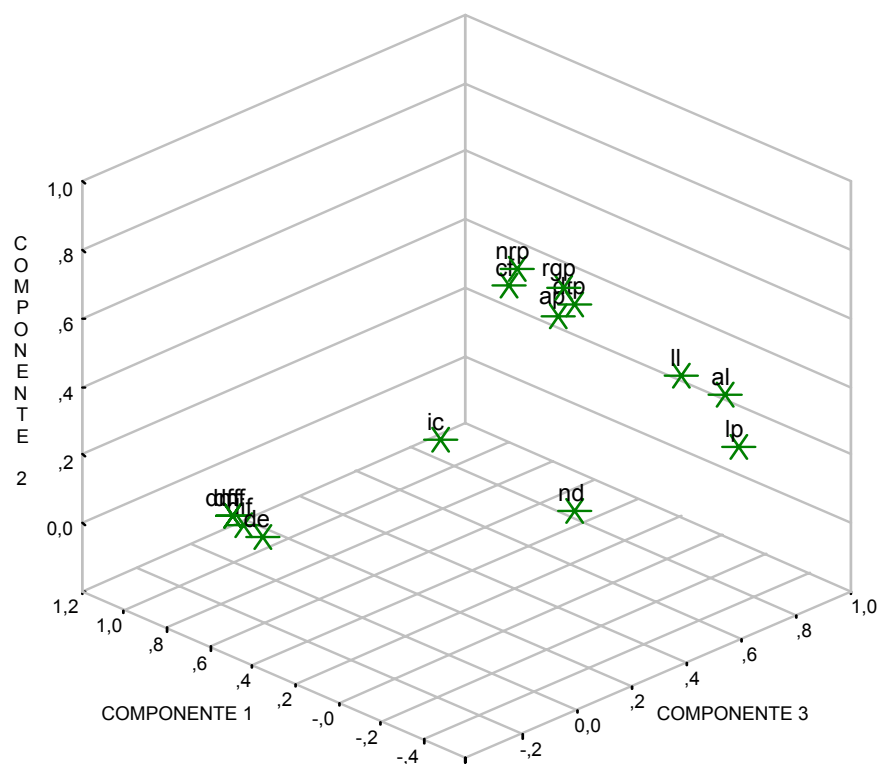


Figura 3. Representación grafica de las variables respecto a los tres primeros componentes principales en el espacio rotado

Las variables agronómicas número de ramas primarias, cobertura foliar , rendimiento de grano por planta, altura de planta, diámetro de tallo principal e índice de cosecha se encuentran alejadas del origen del subespacio 2; por lo tanto, son las variables que mejor están representadas en este componente. Esto representa que a mayor número de ramas primarias, mayor cobertura foliar, altura de planta, y mayor diámetro del tallo principal; también existirá un incremento en el rendimiento de grano por planta.

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

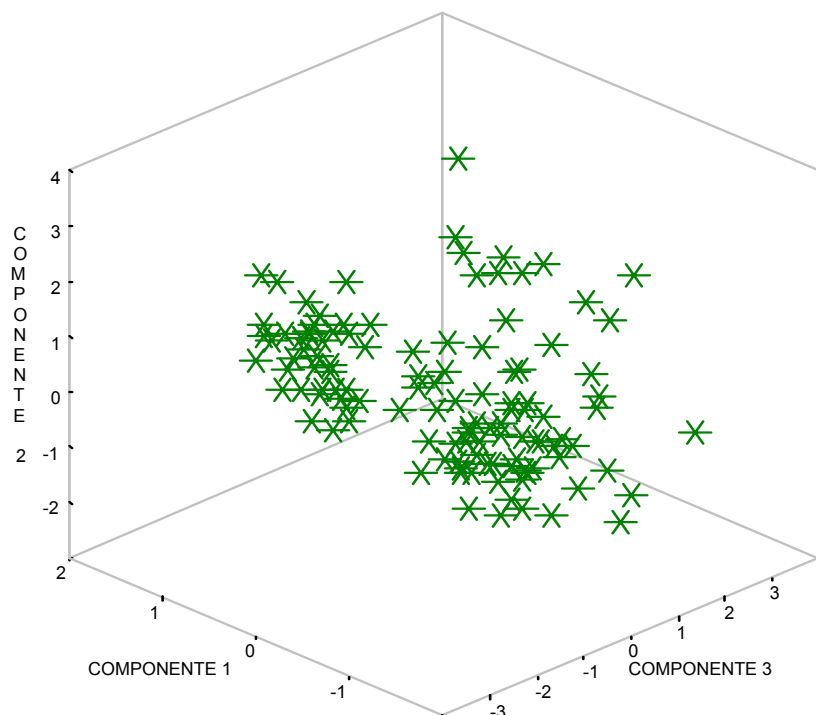


Figura 4. Representación de las accesiones respecto a la solución de los tres componentes principales.

La posición de las variables que más contribuyeron a la formación de los tres componentes (Figura 3) coincide con las observaciones que realizó Ferrán (2001); quién además señala, que una variable se encuentra mejor representada mientras, mayor sea su distancia al origen del subespacio generado por los tres factores.

El valor de cada uno de los tres componentes principales, para cada uno de las 116 accesiones, está dado por los valores de las proyecciones de cada individuo sobre cada uno de los componentes principales. Las mismas que permiten analizar las similitudes entre individuos y la conformación de grupos respecto a sus proyecciones en el conjunto de las variables analizadas; la representación de las variables en los tres componentes, permite la identificación de 6 grupos de accesiones con características similares y que permite realizar el análisis de conglomerados para determinar que accesiones corresponden a cada grupo y en que sentido lo son (Figura 4).

4.2.3 Análisis de conglomerados

Con el método de la distancia Euclidiana al cuadrado, se procedió a realizar el análisis de aglomeración de las accesiones del germoplasma de cañahua, a través del método del Ward. 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. En la figura 5, se muestra el dendrograma de las 116 accesiones, el cual muestra a partir de la línea de corte, 6 grupos claramente definidos, lo que permite inferir la presencia de 6 grupos diferentes en el germoplasma de cañahua.

Una vez identificados los grupos en estudio, y con el fin de diferenciar las características sobresalientes 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 (A4). Tomando en cuenta la cantidad de accesiones se procedió a la identificación de cada uno de los grupos clasificados en el germoplasma de cañahua.

Combinación de cluster con nueva escala de distancia



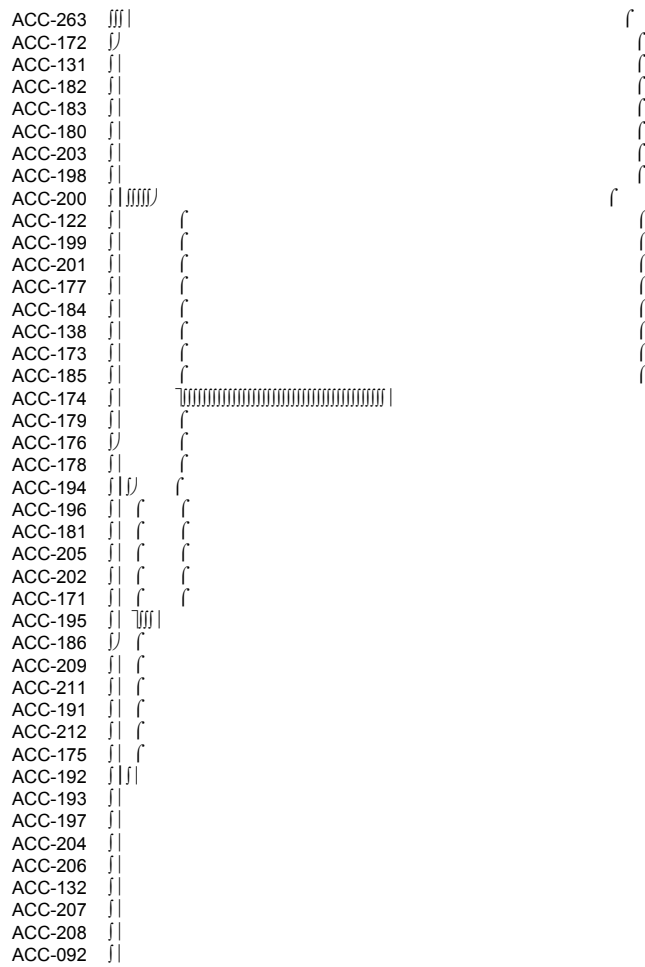


Figura 5. Grupo de accesiones identificados en la colección del germoplasma de cañahua.

4.2.3.1 Caracterización de grupos

Con el propósito de tener una perspectiva total de la variabilidad del germoplasma estudiado, en el Cuadro 19, se muestra las características de los 6 grupos identificados a través del análisis de conglomerados, con relación a las 14 variables caracterizadas y evaluadas en el germoplasma de cañahua.

Cuadro 19. Caracterización de los 6 grupos de cañahua clasificados

VARIABLES		GRUPOS					
		1	2	3	4	5	6
Días a la emergencia	DE	24.80	37.00	26.52	24.97	38.21	38.72
Días al inicio de floración	DIF	69.70	96.67	71.10	67.15	104.92	102.83
Días al fin de floración	DFF	94.10	112.33	90.19	88.18	124.17	121.83
Días a la madurez fisiológica	DMF	128.10	146.33	124.19	122.12	158.17	155.83
Longitud de lámina	LL	2.25	2.29	2.07	1.69	1.85	1.70
Ancho de lámina	AL	1.98	1.99	1.76	1.42	1.47	1.31
Longitud de pecíolo	LP	1.37	1.15	1.18	0.93	0.86	0.77
Número de dientes en la lámina	ND	3.62	4.25	3.68	3.32	3.53	3.41
Altura de planta	AP	37.06	23.51	23.84	20.91	22.75	23.08
Cobertura foliar	CF	31.51	14.07	12.54	13.18	11.38	17.81
Número de ramas primarias	NRP	11.00	7.71	7.47	7.54	7.10	8.30
Diámetro de tallo principal	DTP	4.60	3.39	3.24	2.82	3.03	3.16
Rendimiento de grano por planta	RGP	31.30	7.44	9.04	9.71	6.76	10.80
Índice de cosecha	IC	57.76	38.78	31.92	49.48	40.80	44.52

GRUPO 1

Este grupo es considerado como uno de los más importantes de toda la colección de germoplasma (Cuadro 19). Esta formado en su totalidad por 10 accesiones de las

cuales 9 son lasta y una saihua (Cuadro 20), como se puede apreciar en el Cuadro 19 y Figura 6, este grupo reúne a las accesiones con mayor altura de todo el banco de germoplasma = 37.06 cm, cobertura foliar = 31.51 cm, mayor número de ramas primarias = 11 ramas, diámetro de tallo principal = 4.60 mm y rendimiento de grano por planta = 31.30 gr, material sobresaliente con relación a los otros grupos. Estas características podrían ser aprovechadas en trabajos de mejoramiento.

Cuadro 20. Descripción del número de accesiones en cada grupo

Grupo	Número de accesiones	Saihua	Lasta	Pampalasta
1	10	012	004, 263, 007, 008, 009 010, 011, 014, 064	
2	9	187, 188, 189, 190	006, 169, 210, 213, 214	
3	21	022, 029, 032, 034, 035 042, 045, 046, 047, 052 053, 054, 062, 073,	016, 019, 020, 065, 066 170, 084	
4	34	027, 028, 033, 036, 037 038, 039, 048, 049, 050 051, 055, 057, 058,	017, 021, 023, 024, 026 030, 031, 041, 043, 044 056, 059, 060, 061, 067 068, 069, 070, 071,	025
5	24	186, 181, 171, 191, 192 092, 193, 197, 202, 204 132, 205, 206, 207, 211 212	178, 176, 175, 194, 195 196, 208, 209,	
6	18	200	172, 173, 174, 177, 131 179, 180, 182, 183, 184 185, 198, 199, 201, 203 138, 122	

Así mismo, son accesiones que presentan dimensiones de láminas grandes; longitud de lámina = 2.25 cm, ancho de lámina = 1.98 cm, longitud de pecíolo = 1.37 cm y número de dientes en la lámina = 4 dientes.

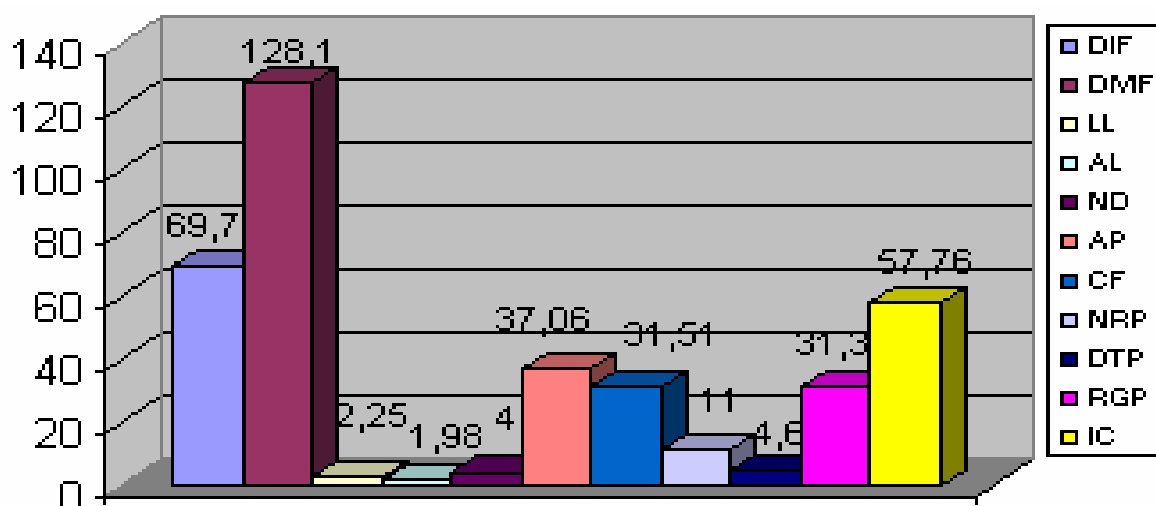


Figura 6. Representación gráfica de la caracterización para el grupo 1

Finalmente se puede evidenciar que son accesiones semiprecoces en iniciar la floración = 70 días, y la madurez fisiológica en 128 días, así mismo presentan altos índices de cosecha (57.76%).

GRUPO 2

Este grupo esta formado por 9 accesiones: 5 lasta y 4 saihua (Cuadro 20), caracterizados por albergar accesiones con un ciclo fenológico relativamente tardío: días al inicio de la floración = 97 días y días a la madurez fisiológica = 146 días, siendo esta característica desfavorable por encontrarse expuestas a las inclemencias temporales por mayor tiempo y corriendo el riesgo de no alcanzar a la madurez del grano.

En el Cuadro 19 y Figura 7, se observa que este grupo esta formado por accesiones de porte relativamente grande (AP = 23.51 cm), con mayor número de ramas primarias (8 ramas) y láminas muy desarrolladas (longitud de lámina = 2.29 cm, ancho de lámina = 1.99 cm, número de dientes en la lámina = 4 dientes); así mismo, de cobertura foliar relativamente grande (14.07 cm) como también el diámetro de tallo principal = 3.39 mm. Sucedió lo contrario, con el rendimiento de grano por planta (7.44 gr) e índice de cosecha (38.78%) donde presentaron valores bajos en peso y en porcentaje.

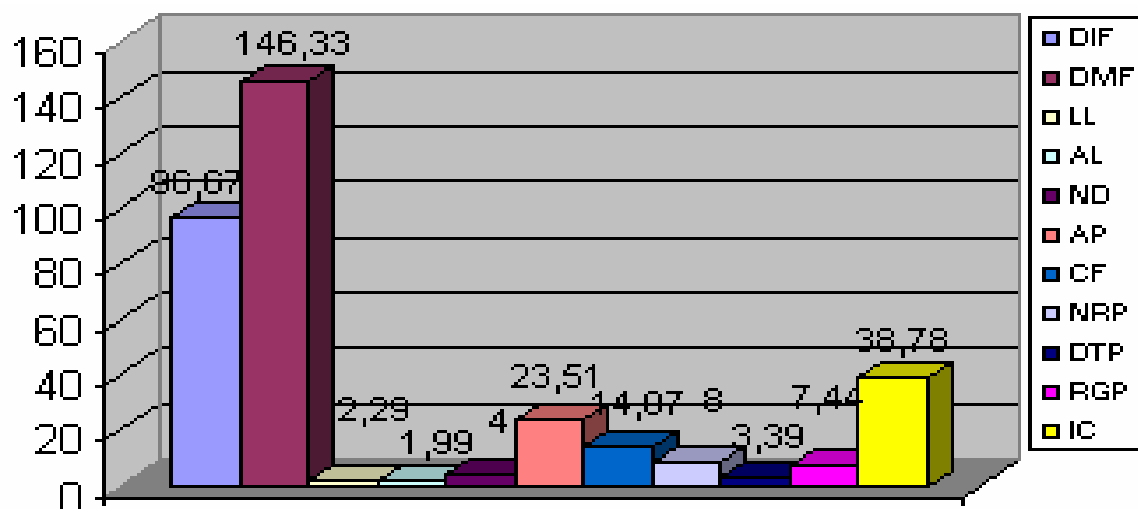


Figura 7. Representación gráfica de la caracterización para el grupo 2

GRUPO 3

Este grupo clasificó a 21 accesiones (Cuadro 20) que se caracterizan por albergar a plantas precoces, ya que presentan el inicio de floración a los 71 días, los días al final de la floración = 90 días y la madurez fisiológica a los 124 días, valores menores al promedio general de toda la colección de germoplasma de cañahua.

Por otro lado, este grupo se caracteriza por desarrollar plantas de porte grande después del grupo 1 (23.84 cm), de láminas grandes (2.07 cm y 1.76 cm), número de ramas primarias = 7 ramas, diámetro de tallo principal = 3.24 mm y rendimiento de grano por planta = 9.04 gr; sin embargo, este grupo muestra índices de cosechas bajos (37.92%). Es decir, este grupo está conformado por accesiones tardías que desarrollan plantas grandes y con bajos índices de cosecha (Cuadro 19 y Figura 8).

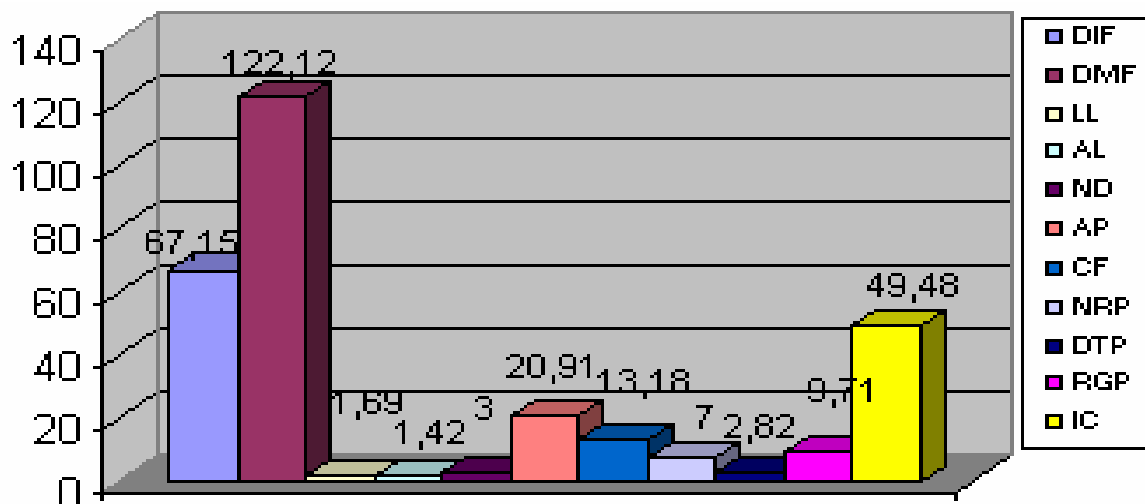


Figura 9. Representación gráfica de la caracterización para el grupo 4

GRUPO 5

Este grupo está formado por 24 accesiones 8 lasta y 16 saihua (Cuadro 20), como puede observarse en el Cuadro 19 y Figura 10, estos cultivares se caracterizan por albergar accesiones tardías (DMF = 158 días).

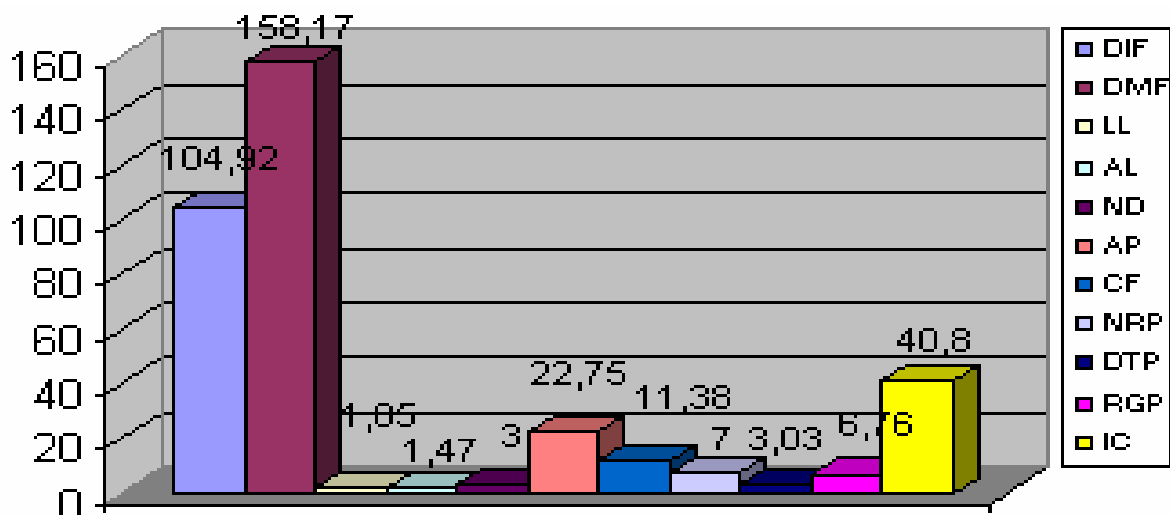


Figura 10. Representación gráfica de la caracterización para el grupo 5

Así mismo, este grupo presentó plantas de porte relativamente pequeño (22.75 cm) después del grupo 4, poco ramificado (7 ramas), de láminas con dimensiones pequeñas: la longitud de lámina fue de 1.85 cm, el ancho de lámina de 1.47 cm, longitud de pecíolo 0.86 cm y menor número de dientes en la lámina (4 dientes). A su vez, menor cobertura foliar (11.38 cm), rendimiento de grano por planta = 6.76 gr e índice de cosecha = 40.80%. Es decir accesiones tardías desarrollan plantas relativamente pequeñas con bajos rendimientos de grano e índices de cosecha.

GRUPO 6

Este grupo está formado por 18 accesiones: 17 son lasta y una accesión saihua (Cuadro 20) a su vez, este grupo se caracteriza por presentar plantas relativamente pequeñas (23.08 cm) de hojas pequeñas (1.70 cm, 1.31 cm) y menor número de dientes en la lámina (3 dientes) (Cuadro 19 y Figura 11).

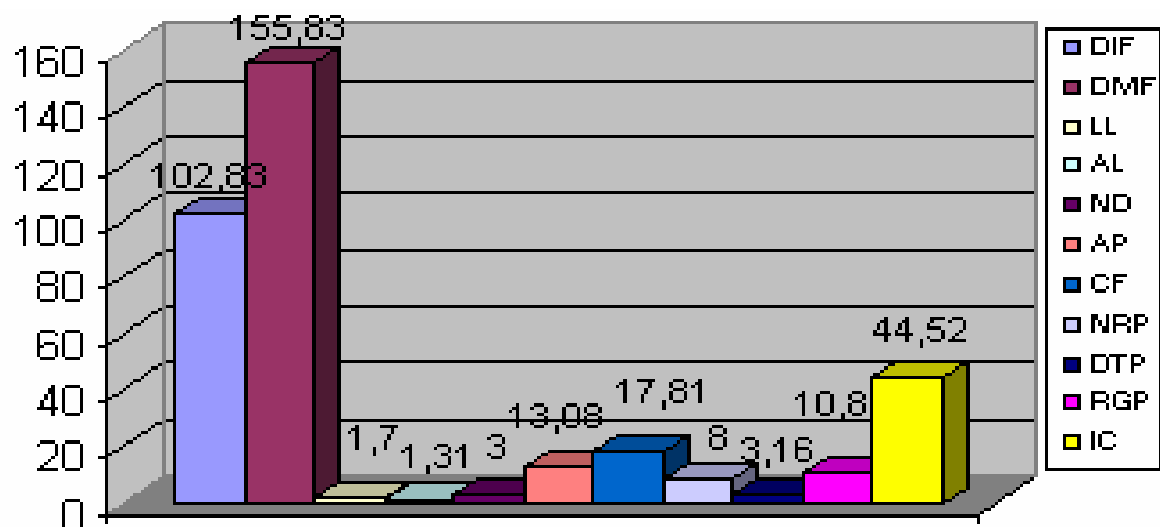


Figura 11. Representación gráfica de la caracterización para el grupo 6

Son accesiones que dieron mayores pesos de grano por planta (10.80 gr), considerándose a este grupo como materiales sobresalientes de grano después del grupo 1, otra característica importante es que agrupa accesiones que presentan mayor número de ramas primarias (8 ramas); así mismo, el diámetro de tallo principal y de la

cobertura foliar fueron 3.16 mm 17.81cm. Sin embargo, son accesiones tardías (156 días) y con índices de cosecha relativamente bajos (44.52%).

4.2.3.2 Variables cualitativas que caracterizaron a cada grupo

Una vez identificados los grupos de accesiones en estudio y con el propósito de diferenciar las características cualitativas más importantes que caracterizaron a cada grupo, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- a) Características de la planta.
- b) Características del tallo.
- c) Características de la lámina.
- d) características del grano.

a) Características de la planta

a1) Vigor a la emergencia

Cuadro 21. Análisis descriptivo para la variable de vigor a la emergencia.

Vigor a la emergencia	GRUPOS											
	1		2		3		4		5		6	
	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)
Malo					4	19.05	11	32.35			1	5.56
Regular	1	10.00	1	11.11	3	14.29	4	11.76	3	12.50	2	11.11
Bueno	9	90.00	8	88.89	14	66.67	19	55.88	21	87.50	15	83.33

En el Cuadro 21, se puede apreciar el comportamiento del vigor a la emergencia, que es un carácter cualitativo, que posiblemente muestren como una de las mejores condiciones de las plantas frente a los factores adversos durante el desarrollo del cultivo.

Los grupos 1, 2, y 5 se caracterizan por presentar accesiones con vigor a la emergencia de regular y bueno; donde la categoría vigor a la emergencia bueno, se encuentra en

mayor porcentaje en estos grupos, mientras, que los grupos 3, 4, y 6 presentan vigor malo a la emergencia, regular y bueno respectivamente con predominancia en un porcentaje mayor a la categoría vigor a la emergencia bueno.

a2) Hábito de crecimiento

Cuadro 22. Análisis descriptivo para la variable hábito de crecimiento.

Hábito de crecimiento	GRUPOS											
	1		2		3		4		5		6	
	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)
Saihua	1	10,00	4	44.44	14	66.67	14	41.18	16	66.67	1	5.56
Lasta	9	90,00	5	55.56	7	33.33	19	55.88	8	33.33	17	94.44
Pampalasta							1	2.94				

Los resultados obtenidos para el carácter hábito de crecimiento se muestra en el Cuadro 22, donde los grupos: 1, 2, 6 tienen una tendencia hacia el hábito de crecimiento lasta con porcentajes de 90.00, 55.56 y 94.44% respectivamente, mientras, los grupos 3 y 5 presentan una población con mayor número de accesiones saihua (66.67%) porcentaje que equivale a 14 y 16 accesiones respectivamente; en tanto el grupo 4 presenta hábito de crecimiento saihua (41.18%), lasta (55.88%) y pampalasta (2.94%)

a3) Color de la planta a la madurez fisiológica

Cuadro 23. Análisis descriptivo para la variable color de planta a la madurez fisiológica.

Color de la planta a la madurez fisiológica	GRUPOS											
	1		2		3		4		5		6	
	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)
Amarillo claro							3	8.82				
Crema suave	2	20.00			1	4.76	5	14.71	3	12.50	5	27.78
Crema oscuro	2	20.00			3	14.29			2	8.33		
Pajizo	1	10.00	1	11.11	6	28.57	7	20.59	4	16.67	1	5.56
Rosado claro	1	10.00	2	22.22								
Rosado	1	10.00	3	33.33	7	33.33	12	35.29	11	45.83	9	50.00
Anaranjado			1	11.11	1	4.76			1	4.17		
Café rojizo	3	30.00	2	22.22	3	14.29	7	20.59	3	12.50	3	16.67

Los resultados obtenidos se presenta en Cuadro 23; el cual muestra la existencia de una amplia variación de tonos de color presente en los 6 grupos de germoplasma de cañahua, se observa que los grupos: 2, 3, 4, 5 y 6 tienen predominancia a tonos de color rosado con 33.33, 33.33, 35.29, 45.83 y 50.00%, porcentajes que equivale a 3, 7, 12, 11 y 9 accesiones respectivamente y en menor porcentaje los restantes estados de color: café rojizo, pajizo, crema suave, crema oscuro, amarillo claro, rosado claro y anaranjado. Mientras, que el grupo 1 se caracteriza por presentar tonos de color café rojizo con porcentaje de 30.00% (3 accesiones).

b) Características del tallo

b1) Color de estrías

Cuadro 24. Análisis descriptivo para la variable color de estrías.

Color de estrías	GRUPOS											
	1		2		3		4		5		6	
	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)
Verde amarillo							1	2.94				
Amarillo	2	20.00			4	19.05	3	8.82	5	20.83	3	16.67
Rojo amarillo	5	50.00	3	33.33	12	57.14	13	38.24	8	33.33	11	61.11
Rojo	3	30.00	6	66.67	5	23.81	17	50.00	11	45.83	4	22.22

De acuerdo a la información del cuadro 24, el grupo 4 se caracteriza por presentar tonos de color en las estrías: rojo, rojo amarillo, amarillo y verde amarillo con 50.00%, 38.24%, 8.82% y 2.94% que corresponden a 17, 13, 3, y una accesión respectivamente; sin embargo, existe un gran porcentaje en los grupos 1, 3 y 6 con tendencias al color de estrías rojo amarillo con 50.00%, 57.14% y 61.11% que equivale a 5, 12 y 11 accesiones respectivamente y en menor porcentaje tonos de color rojo y amarillo; en tanto, los grupos 2 y 5 presentan predominancia a tonos rojo y en menor porcentaje rojo amarillo y amarillo.

b2) Color del tallo a la madurez fisiológica

Cuadro 25. Análisis descriptivo para la variable color del tallo a la madurez fisiológica.

Color del tallo	GRUPOS											
	1		2		3		4		5		6	
	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)
Amarillo claro	1	10.00					3	8.82	1	4.17	1	5.56
Crema suave	1	10,00	1	11.11	1	4.76	4	11.76	1	4.17	3	16.67
Crema oscuro	2	20,00			3	14.29			2	8.33		
Pajizo	1	10,00	1	11.11	6	28.57	7	20.59	5	20.83	2	11.11
Rosado claro	1	10,00	1	11.11								
Rosado	1	10,00	4	44.44	7	33.33	12	35.29	11	45.83	9	50.00
Anaranjado									1	4.17		
Café rojizo	3	30.00	2	22.22	4	19.05	8	23.53	3	12.50	3	16.67

Los resultados obtenidos para el carácter color del tallo se presenta en el Cuadro 25, donde se observa que en los grupos: 2, 3, 4, 5 y 6 sobresalen el estado de color rosado con 44.44%, 33.33%, 35.29, 45.83%, 50.00% porcentajes que pertenecen a 4, 7, 12 y 11 accesiones respectivamente y sólo un menor porcentaje de las accesiones de estos grupos presentan tonos café rojizo, pajizo y los restantes estados de color. También se observa que el grupo 1 presenta accesiones con tonos café rojizo (3 accesiones) seguido del tono crema suave (2 accesiones) y los restantes estados de color representados por una accesión respectivamente.

c) Características de lámina

c1) Formas de lámina foliar

De acuerdo a los resultados del Cuadro 26, los grupos 1, 2 y 3 se caracterizan por presentar formas de lámina romboidal con porcentajes de 100.00% conformados por 10,

9 y 21 accesiones respectivamente, mientras que los grupos 4, 5, 6 se caracterizan por presentar las dos formas de lámina: romboidal en mayor porcentaje (88.24, 87.50 y 83.33) y triangular en menor porcentaje (11.76, 12.50 y 16.67).

Cuadro 26. Análisis descriptivo para la variable formas de lámina foliar

Formas de lámina foliar	GRUPO											
	1		2		3		4		5		6	
	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)
Romboidal	10	100.00	9	100.00	21	100.00	30	88.24	21	87.50	15	83.33
Triangular							4	11.76	3	12.50	3	16.67

c2) Tipo de nervadura

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 27, en el cual se observa que los grupos: 1, 2 y 5 se caracterizan por presentar tipo de nervadura: retinervada en todas sus accesiones (100.00%); mientras, que los grupos 3, 4 y 6 se caracterizan por presentar los dos tipos de nervaduras: retinervada en mayor proporción de las accesiones y en menor proporción tres nervaduras.

Cuadro 27. Análisis descriptivo para la variable tipo de nervadura

Tipo de nervadura	GRUPO											
	1		2		3		4		5		6	
	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)
Retinervada	10	100.00	9	100.00	19	90.48	18	52.94	24	100.00	12	66.67
Tres nervaduras					2	9.52	16	47.06			6	33.33

c3) Color del pecíolo

En el Cuadro 28, se puede apreciar el comportamiento del color del pecíolo, donde se observa claramente que los grupos 2, 3, 4, 5 y 6 presentan accesiones con el color verde-rojo y en menor porcentaje los colores verde y rojo, a su vez, el grupo 1 se

caracteriza por presentar accesiones con el color verde en mayor porcentaje (40.00) seguido de los colores verde-rojo y rojo con iguales porcentajes (30.00%).

Cuadro 28. Análisis descriptivo para la variable color del pecíolo

Color del pecíolo	GRUPO											
	1		2		3		4		5		6	
	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)
Verde	4	40.00			2	9.52	5	14.71	6	25.00	4	22.22
Verde-rojo	3	30.00	7	77.78	17	80.95	23	67.65	13	54.17	12	66.67
Rojo	3	30.00	2	22.22	2	9.52	6	17.65	5	20.83	2	11.11

c4) Color de la lámina

Los resultados obtenidos para el carácter color de la lámina se observa en el Cuadro 29, donde los grupos 1, 3, 4, 5 y 6 presentan color de lámina: verde, verde-rojo y rojo; sin embargo, un mayor porcentaje de las accesiones de estos grupos tienen una predominancia al color verde-rojo y en menor porcentaje los restantes estados de color, mientras, que el grupo 2 se caracteriza solo por presentar el color verde-rojo en la lámina.

Cuadro 29. Análisis descriptivo para la variable color de la lámina

Color de la lámina	GRUPO											
	1		2		3		4		5		6	
	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)
Verde	4	40.00			1	4.76	4	11.76	6	25.00	4	22.22
Verde-rojo	3	30.00	9	100.00	18	85.71	27	79.41	14	58.33	12	66.67
Rojo	3	30.00			2	9.52	3	8.82	4	16.67	2	11.11

d) Características del grano

d1) Color del pericarpio

En el Cuadro 30, se puede apreciar la existencia de una amplia variación de tonos de coloración en el pericarpio, en los 6 grupos; así mismo, una predominancia al color pajizo por los grupos: 1, 2, 3, 4 y 6 con porcentajes de 50.00, 44.44, 42.86, 47.06 y 50.00% respectivamente; sin embargo, existe un menor porcentaje de población en estos grupos mencionados que constituyen los restantes estados de color (crema suave, anaranjado, café claro y café rojizo), en tanto, el grupo 5 se caracteriza por presentar tonos de color crema suave y pajizo con similares porcentajes (47.67%) en su población, y en menor porcentaje el tono de color anaranjado (16.67%)

Cuadro 30. Análisis descriptivo para la variable color del pericarpio

Color del pericarpio	GRUPO											
	1		2		3		4		5		6	
	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)	Nº acc.	(%)
Crema suave	3	30.00	2	22.22	7	33.33	10	29.41	10	41.67	7	38.89
Pajizo	5	50.00	4	44.44	9	42.86	16	47.06	10	41.67	9	50.00
Anaranjado	1	10.00	1	11.11	3	14.29	5	14.71	4	16.67		
Café claro							1	2.94				
Café rojizo	1	10.00	2	22.22	2	9.52	2	5.88			2	11.11

En la mayoría de las accesiones de los grupos conformados, se puede afirmar que existe una gran variabilidad en cuanto a este carácter, destacándose en los grupos, el color del pericarpio pajizo, seguido del color crema suave anaranjado y café rojizo respectivamente.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se formulan las siguientes conclusiones:

- Existe amplia variabilidad genética en la manifestación fenológica de las accesiones (precozes y tardías) y en las características de las plantas, por tanto se ha obtenido rendimientos e índices de cosecha en un amplio rango de variación; a su vez, una amplia variabilidad en los caracteres cualitativos en las accesiones de germoplasma de cañahua.
- Las variables fenológicas se encuentran relacionadas entre sí, particularmente el final de la floración con la madurez fisiológica ($r = 1.00$); por otra parte, la relación en forma negativa del índice de cosecha y el rendimiento de grano por planta con el inicio de la floración y la emergencia, es decir, que estas características índice de cosecha y rendimiento son inversamente proporcional con el inicio de la floración y emergencia.
- Las variables número de ramas primarias, cobertura foliar, altura de planta, diámetro de tallo principal 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 e índice de cosecha.
- En el análisis de componentes principales de toda la variabilidad, se tuvo un aporte acumulado del 75.36% en los 3 componentes principales.

- El primer componente principal aportó con el 28.06% de la varianza total, y se caracterizó por las variables fenológicas y en forma secundaria por el rendimiento de grano e índice de cosecha, estos últimos se caracterizaron en sentido contrario. El segundo componente, tuvo un aporte de 24.91% de la varianza y distinguió principalmente a las variables agronómicas: altura de planta, número de ramas primarias, diámetro de tallo principal, cobertura foliar, rendimiento de grano por planta e índice de cosecha y en forma secundaria las variables morfológicas de hojas; mientras, el tercer componente contribuyó con el 22.35% de la variabilidad total y distinguió a las variables morfológicas de hoja.
- La técnica de agrupamiento jerárquico, permitió clasificar a las accesiones de cañahua en seis grupos, esta agrupación proporcionó una descripción útil y permitió visualizar caracteres particulares (fenológicas, agronómicas y morfológicas de hoja) en cada grupo.
- El grupo 1 reúne a las accesiones semiprecoces: días a la madurez fisiológica = a 128 días, presentan las plantas más grandes (37.06 cm), mayores ramas primarias (11 ramas), cobertura foliar (31.51 cm), diámetro de tallo principal (4.60 mm) y mayores rendimiento de grano por planta de toda la colección de cañahua (31.30 gr).
- EL grupo 4 se caracterizan por presentar a las accesiones más precoces de toda la colección (122 días), estas se caracterizan por ser pequeñas (20.91 cm) de láminas pequeñas (1.69 y 1.42 cm) y bajo rendimiento de grano por planta (9.71 g) pero con índices de cosecha altos (49.40%)
- El grupo 5 caracteriza a 24 accesiones tardías (158 días) de porte relativamente pequeño (22.75 cm) y bajos rendimientos de grano por planta (6.76 g) de toda la colección de germoplasma de cañahua.
- La mayoría de los grupos presentan buen vigor a la emergencia seguido de la categoría regular y malo; de las 116 accesiones, 65 son lasta, 55 son saihua y

una accesión pampalasta; sin embargo, estos hábitos de crecimiento se encuentran distribuidos en todos los grupos.

- Durante la madurez fisiológica de las plantas, La mayoría de las accesiones que conforman los grupos presentan tonos de color rosado seguido por los tonos pajizo y café rojizo, y la mayoría de las accesiones que conforman los grupos presentan, la forma de láminas romboidales.
- Los grupos 1, 2, 3, 4 y 6 se caracterizan por presentar pericarpio con tonos de color Pajizo, mientras, el grupo 5 presentan tonos crema suave y pajizo en porcentajes similares.

VI. RECOMENDACIONES

- Por las características precoces de los grupos señalados, se sugiere utilizar este material en trabajos de mejoramiento genético, para acortar el tiempo de madurez fisiológica en las accesiones tardías las que muestran algunos de ellos buenos rendimientos.
- Continuar con los trabajos de caracterización y evaluación dentro de cada grupo identificado, a través del análisis de conglomerado mediante la siembra, evaluación y caracterización de los grupos, así mismo, validar los presentes datos obtenidos en los 6 grupos del germoplasma de cañahua.
- Se recomienda realizar la identificación de la procedencia de las accesiones ya que no se cuenta con dicha documentación.

VII. BIBLIOGRAFIA

ARTEAGA, J. 1996. Caracterización preliminar y evaluación agronómica de 480 accesiones de germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental Patacamaya. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía La Paz, Bolivia. 72 p.

BAZAN, R. y J. PINO 1992. Centro de investigaciones y transferencia de tecnología para ecosistemas frágiles Alto - Andinos, Ed. IICA. La Paz, Bolivia. pp. (5).

BENITO, T. L. 1995. Diferentes densidades de siembra y distintas distancias entre surcos y el rendimiento de dos formas botánicas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis de grado. Universidad Técnica de Oruro, Bolivia. pp. 39 – 76.

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.

CANO, V. I. 1973. El cultivo de la cañahua, en Puno Perú; Universidad Técnica del Altiplano. boletín N° 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, Cochabamba, Bolivia. 88 p.

CAHUANA, F. 1985. Comparación del rendimiento de 5 formas botánicas de kañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) por 3 distanciamientos entre surcos. Tesis de grado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 92 p.

CARRASCO, R. 1988. Cultivos andinos, importancia nutricional y posibilidades de procesamiento en Centros de estudios rurales "Bartolomé de las Casas" Cuzco, Perú. pp. 36 – 42.

CARDENAS, M. 1989. Plantas alimenticias nativas de los Andes de Bolivia. Separata Folio Universitario N° 2, 3 y 4 Cochabamba, Bolivia. pp. 112 – 113.

CAMARGO, V. A. 2003. Variabilidad genética de la quinua silvestre que se conserva en Bolivia. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andres. La Paz, Bolivia. 106 p.

CONTRERAS, A. 1994. Reunión Boliviana de Recursos genéticos de papa, raíces y tubérculos Andinos Cbba, Bolivia.

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 Andres. La Paz, Bolivia. 112 p.

CRIVISQUI, E. 1997. Presentación del Análisis de Componentes Principales "Métodos de clasificación" Programa – Presta. Valdivia, Chile. 56 p.

CRISCI, J.; A. LOPEZ. 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.

CRONQUIST, A. 1966. Introducción a la Botánica, CECSA. México. 848 p.

CHOQUE, F. 2000. Efecto de la densidad de siembra y la etapa de corte en el potencial forrajero de la cañahua (*Chenopodium palledicaule* Aellen) Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andres. La Paz, Bolivia. pp. 26 – 60.

ESPINDOLA, G. 1979. Estudio de la biología floral de la cañahua. Informe Anual, Estación Experimental Patacamaya, IBTA. pp. 89 – 94.

ESQUINAS, J. 1983. Los recursos fitogenéticos una inversión segura para el futuro. Instituto nacional de Investigaciones Agrarias. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, FAO. Madrid, España. 44 p.

ENRIQUEZ, G. 1991. Relación de los Recursos Fitogenéticos con otras ciencias. Departamento de Recursos Fitogenéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador. pp. 3 – 18.

ESCOFIER, B. Y PAGES, J. 1992. Análisis factoriales simples y múltiples, objetivos métodos e interpretación. Universidad de país Vasco. Bilbao, España. 285 p.

FERRAN, 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.

-----1998. SPSS para Windows, Programación y análisis estadístico impreso en España. 580 p.

FIGURERAS, S. 2000. Introducción al análisis multivariado, documento electrónico: <http:// cibercarta.analizar.es/leccion/100.HTM>.

GOEDERT, C.; J. VALLS; A. VEIGA, 1995. Subprograma de recursos genéticos del cono sur, implicación para los INIAS y el PROCISUR. Montevideo, Uruguay. pp. 5 – 11.

GONDAR, J. 2000. Análisis cluster: Documento electrónico <http://www.estadistica.com/arts.html>.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R.E. TATHAM, R. L. BLACK, W. C. 1999. Multivariate data Analysis. New York, Macmillan Publishing Company. 544 p.

HIDALGO, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización, Morfología de recursos Fitogenéticos. Boletín técnico N° 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p.

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.

LA FUENTE, R. 1980. Ensayo comparativo de 5 ecotipos y 5 líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el altiplano central, Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. pp. 20 – 35.

LEON, R. 1974. Plantas alimenticias andinas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la zona Andina, Boletín técnico N° 6. Puno, Perú. pp. 63 – 69.

LESCANO, R. J. 1994. Genética y Mejoramiento de cultivos altoandinos: quinua, cañahua, tarwi, kiwicha, papa amarga, ulluco, mashua y oca. Programa internacional de Waru – Waru convenio INADE / PELT – COTESU. Puno, Perú. 459 p.

----- 1980. Segundo Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Riobamba, Ecuador. pp. 31 – 45.

----- 1976. Cariotipo de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en convención Internacional de quenopodiáceas, Quinua – Cañahua, IICA zona Andina. Potosí, Bolivia. pp. 81 – 88.

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

MAMANI, R. F. 1994. Efecto de la densidad de siembra en cuatro variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte de Bolivia. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andres. La Paz, Bolivia. 71 p.

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

MARÍN, P. W. 2002. Distanciamiento entre surcos y plantas en dos ecotipos de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el altiplano norte de Bolivia. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andres. La Paz, Bolivia. pp. 33 – 97.

MIRANDA, L.; N. LIZARRAGA.; G. ESPINDOLA, 1979. Colección, estudio y conservación del banco de germoplasma de cañahua. Informe anual de la Estación Experimental de Patacamaya. IBTA – MACA. pp. 89 – 94.

MUNSELL COLOR. 1997. Munsell Soil Color Chart. Munsell Color, Baltimore, MD, EE.UU.

NIETO, C.; J. REA.; R. CASTILLO.; E. PERALTA, 1983. Guía para el manejo y conservación de los recursos fitogenéticos. Unidades de recursos fitogenéticos y cultivos Andinos INIAP. Quito, Ecuador. 60 p.

PLA, L. 1986. Análisis Multivariado: Métodos de Componentes Principales. OEA; Washington, EE.UU. 95 p.

QUISPE, P. 1997. Efectos de niveles de fertilización orgánica en 2 cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Central de Bolivia. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia. pp. 26 – 53.

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 Andres. La Paz, Bolivia. pp. 26 – 65.

QUEROL, D. 1988. Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Industrial Grafica. Lima, Perú. 207 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.

ROJAS, W.; M. PINTO, 2003. Descriptores de cañahua y quinua, estandarizados para la región Andina. Informe 2002 – 2003. FUNDACION PROINPA. La Paz, Bolivia. 15 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. pp. 17 – 26.

ROJAS, W. 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua de Bolivia, mediante Métodos Multivariados. Tesis de Maestría, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 209 p.

RUDORF, W. 1985. Regiones de diversidad genética en países con grandes áreas de cultivo. Pub. N° 4. CIRF; colonia Alemana. pp. 436 – 440.

STEEL, R.; J. TORRIE, 1988. Principles and procedures of statistics Mc – Graw Hill, New York. 622 p.

TAPIA, M. 1990. Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en cultivos andinos sub-explotados y su aporte a la alimentación. FAO, primera edición. pp. 59 – 94.

----- 1979. Cultivos Andinos. IICA – CII. Bogota, Colombia. pp. 205 – 214.

VALLENAS y V. CARPIO, 1974. Cañahua y su cultivo. Ministerio de Agricultura, zona agraria. Boletín N° 26. Puno, Perú. 34 p.

VALLS, J. 1992. Caracterización morfológica, reproductiva y bioquímica de germoplasma vegetal. Memoria del curso Internacional: Recolección y evaluación de germoplasma forrajero andino Riobamba, Ecuador. pp. 105 – 119.

A N E X O S

Datos de caracterización y evaluación de 116 accesiones de germoplasma de cañahua

Núm.	Acc.	DE	DIF	DFF	DMF	LL	AL	LP	ND	AP	CF	NRP	DT	RGP	IC	HC	FT	PE	CE	CT	PAP	CP	FL	PL	BL	TN	CPC	CL	CG	CPR	VE		
1	4	16	69	91	125	2,33	1,91	1,55	4,1	34,06	32,01	11,2	4,42	24,5	51,04	2	1	1	3	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	2	3		
2	263	38	97	114	148	2,65	2,46	1,43	4,6	38,66	39,02	11,8	5,89	28,5	54,8	2	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3		
3	6	41	97	114	148	2,86	2,65	1,46	5,02	34,65	28,22	9,66	4,49	12,5	34,72	2	1	1	5	5	1	5	1	2	2	1	2	2	1	1	3		
4	7	29	69	101	135	2,14	1,89	1,06	3,86	35,66	36,28	11,82	4,25	30,5	56,48	2	1	1	3	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	3		
5	8	24	69	101	135	2	1,73	1,17	3,6	39,8	35,6	9,41	5	22,5	48,91	2	1	1	4	5	1	5	1	2	2	1	2	2	1	1	3		
6	9	24	69	101	135	2,07	1,8	1,18	3,01	38,96	29,64	11	4,51	32,5	58,03	2	1	1	5	8	1	8	1	2	2	1	3	3	1	5	3		
7	10	24	62	80	114	2,16	1,9	1,33	3,04	35,4	27,85	12	4,6	41	63,56	2	1	1	4	3	1	3	1	2	2	1	1	1	1	2	2		
8	11	16	69	101	135	2,1	1,82	1,35	3,4	38,69	32,61	11,1	4,02	36,5	60,83	2	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	1	1	1	2	3		
9	12	29	62	80	114	2,25	1,97	1,69	3,96	42,05	11,24	9,21	4,21	36	71,42	1	1	1	5	8	1	8	1	2	2	1	3	3	1	3	3		
10	14	24	62	80	114	2,56	2,45	1,7	3,44	33,94	34,62	10,64	5,01	34,5	59,48	2	1	1	5	8	1	8	1	2	2	1	3	3	1	2	3		
11	16	24	57	74	108	2,26	1,9	1,07	3,29	28,84	26,25	10,4	4,54	7	22,95	2	1	1	3	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	2	1		
12	17	24	62	80	114	2,1	1,77	1,63	3,04	21,32	22,21	10,03	3,66	26,5	53	2	1	1	3	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	2	1		
13	19	24	62	80	114	2,13	1,93	1,4	3,17	17,5	19,2	7,2	2,41	6,5	21,66	2	1	1	3	3	1	3	1	2	2	1	2	2	1	2	3		
14	20	24	57	74	108	2,63	2,37	1,6	3,64	20,21	22,36	8,63	3,15	16,5	41,25	2	1	1	3	3	1	3	1	2	2	1	1	2	1	2	2		
15	21	24	62	80	114	1,72	1,52	0,88	3,52	22,73	18,72	8,39	2,98	8,5	50	2	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	2	1		
16	22	29	57	74	108	1,89	1,69	1,4	3,03	24,31	9,21	6,62	3,72	9,8	44,34	1	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	1	3		
17	23	29	57	74	108	1,74	1,24	0,66	2,01	14,16	16,55	8,58	1,97	9,7	79,37	2	1	1	5	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	1	2	1	
18	24	16	57	74	108	1,77	1,55	0,97	3,12	19,22	18,55	8,64	3,18	14,16	61,56	2	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	1	1	1	2	3		
19	25	29	62	80	114	2,01	1,7	1,1	3,11	21,05	17,29	8,38	2,28	8,5	56,66	3	1	1	5	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	1		
20	26	29	56	71	103	1,72	1,44	0,74	2,96	18,23	15,22	8,78	2,71	6,9	41,56	2	1	1	5	6	1	6	1	2	2	2	2	2	1	2	3		
21	27	24	62	80	114	1,02	1,54	1,28	3,25	15,16	8,77	5,68	2,82	8,1	50,62	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	
22	28	24	64	84	118	1,85	1,51	0,82	3,75	26,11	9,18	6,81	2,72	7,69	45,23	1	1	1	4	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	3		
23	29	24	69	91	125	1,61	1,37	0,96	4,81	25,1	7,51	6,24	2,93	6,41	45,78	1	1	1	4	4	1	4	1	2	2	2	2	2	1	1	3		
24	30	25	69	91	125	1,73	1,45	0,84	3,66	18,11	17,66	8	3,11	7,14	59,5	2	1	1	5	6	1	6	1	2	2	2	2	2	1	2	3		
25	31	24	69	91	125	1,58	1,34	0,92	3,24	19,21	15,25	7,23	3,32	6,68	64,23	2	1	1	5	6	1	6	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	
26	32	25	69	92	126	1,58	1,41	1,09	3,61	21,25	6,88	5,63	2,02	4,07	39,39	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	
27	33	24	69	92	126	1,6	1,37	0,86	3,87	23,28	8,61	6,42	2,56	8,65	50,88	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	4	2	2	
28	34	16	77	99	133	1,87	1,56	0,94	3,45	21,4	8,94	6,12	3,51	8,1	40,5	1	1	1	3	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	2	3		
29	35	24	64	84	118	1,97	1,75	1,29	3,69	18,26	8,21	5,41	3,02	8,14	18,35	1	1	1	5	8	1	8	1	2	2	2	2	2	1	3	2	3	
30	36	16	69	92	126	1,7	1,43	0,95	2,87	24,87	7,02	6,25	3,11	6,71	38,56	1	1	1	5	8	1	2	1	2	2	2	3	2	1	3	3		
31	37	25	69	92	126	1,75	1,41	0,86	3	25,89	9,41	6,67	2,26	8,61	43,05	1	1	1	5	8	1	8	1	2	2	2	3	3	1	3	3		
32	38	24	69	91	125	1,67	1,38	0,93	3,91	27,32	8,15	7,64	4,11	9,98	45,36	1	1	1	5	4	1	8	1	2	2	2	2	1	2	3	3		
33	39	24	64	84	118	1,43	1,3	0,94	3,05	19,25	7,63	6,6	2,89	4,29	38,61	1	1	1	5	8	1	8	1	2	2	2	2	2	1	3	2	2	
34	41	24	81	104	138	1,54	1,25	0,92	3,78	14,58	14,81	6,68	2,73	4,22	40,19	2	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3	3	
35	42	24	81	104	138	1,89	1,6	1,14	4,36	32,61	10,52	7,24	4,02	7,6	28,14	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	1	3	3	
36	43	16	69	92	126	1,98	1,63	0,94	3,87	23,66	25,19	8,6	3,92	22,5	50	2	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	1	3	3	
37	44	16	69	92	126	1,9	1,53	0,92	4,04	25,82	20,06	8,82	2,96	15,5	39,74	2	1	1	3	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	3	3	
38	45	24	77	99	133	1,83	1,59	0,95	4,11	28,11	7,56	7,63	3,09	6,71	37,07	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	1	3	3	
39	46	24	69	92	126	2,06	1,75	1,08	3,89	27,61	8,21	7,14	3,02	9,6	41,73	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3	3	
40	47	24	69	92	126	2,5	1,72	1,15	3,56	27,32	7,53	6,82	3,11	8,46	42,05	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	1	3	3	
41	48	24	69	92	126	1,87	1,6	1,08	3,59	24,28	8,87	7,41	3,32	22,4	64,36	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3	3	
42	49	24	69	92	126	1,7	1,45	0,98	3,81	19,62	6,69	6,61	2,96	8,17	51,7	1	1	1	5	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3	3	
43	50	25	77	99	133	1,62	1,38	0,94	2,94	18,19	6,18	6,85	2,16	5,89	45,3	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	2	2	1	1	3	3	3	
44	51	24	69	92	126	1,58	1,32	0,77	3,11	21,69	8,08	7,02	2,63	4,8	43,63	1	1	1	4	6	1	6	2	2	2	2	2	1	1	3	3	3	
45	52	24	69	92	126	1,91	1,65	1,24	3,79	26,41	7,28	7,21	3,08	8,6	35,83	1	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	2	3	3	
46	53	24	77	99	133	1,87	1,47	0,93	3,25	10,26	5,14	6,39	1,76	4,54	30,34	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2
47	54	25	77	99	133	2,14	1,67	1,14	4,09	32,24	8,82	7,61	4,01	9,6	38,4	1	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	2	3	3	
48	55	24	77	99	133	1,83	1,71	0,96	3,36	25,45	8,13	6,84	3,11	11,63	48,86	1	1	1	4	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	3	3	
49	56	29	69	92	126	1,79	1,4	0,85	3,92	25,27	8,87	7,23	2,05	11,21	56,05	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2	
50	57	24	69	92	126	2,02	1,72	1,07	3,41	33,21	9,87	7,57	3,46	25,6	67,36	1	1	1	4	2	1	2	1	2									

57	65	29	62	80	114	2,44	2,19	1,24	3,56	18,12	15,16	9,1	2,92	15,19	69,04	2	1	1	5	8	1	8	1	2	2	1	2	3	1	5	3	
58	66	33	69	92	126	2,29	2,12	1,45	3,69	29,35	31,46	10,6	3,46	11,26	35,18	2	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	2	3	
59	67	25	62	80	114	1,58	1,23	0,83	3,14	18,26	14,13	7,61	2,02	6,04	51,18	2	1	1	5	8	1	8	2	2	2	2	3	3	1	5	3	
60	68	33	77	99	133	1,54	1,1	0,98	3,89	18,52	14,62	8,6	2,31	1,68	37,33	2	1	1	5	8	1	8	2	2	2	2	3	3	1	3	1	
61	69	33	64	84	118	1,57	1,28	0,63	3,32	15,2	18,4	7,62	2,74	4,19	32,23	2	1	1	5	6	1	6	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
62	70	33	57	74	108	1,6	1,19	0,7	2,65	19,28	16,14	9,12	3,01	6,1	35,05	2	1	1	5	8	1	8	1	2	2	2	2	2	1	5	1	
63	71	33	69	91	125	1,88	1,59	0,78	3,56	19,24	17,24	7,82	2,36	9,26	50,32	2	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	2	2	
64	73	33	69	91	125	1,9	1,64	1,18	3,97	26,57	8,57	7,39	3,51	6,14	34,11	1	1	1	5	8	1	7	1	2	2	1	3	2	1	3	1	
65	169	35	96	111	145	2,65	2,33	1,27	5,1	25,81	21,15	8,85	3,22	18,19	51,97	2	1	1	4	2	1	7	1	2	2	1	2	2	1	2	2	
66	170	39	102	91	125	2,27	2,02	1,11	3,68	27,27	17,82	8,83	4,28	12	40	2	1	1	5	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3	
67	171	35	121	132	166	2,1	1,87	1,31	3,75	24,6	10,02	6,6	3,62	15,1	56,98	1	1	1	5	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3	
68	172	38	97	114	148	1,67	1,38	0,74	2,93	16,5	16,68	8,16	3,31	10,1	38,84	2	1	1	4	4	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	3	
69	173	38	102	120	154	1,65	1,25	0,65	3,87	22,17	17,75	8,19	3,61	8,75	48,61	2	1	1	5	8	1	8	2	2	2	1	2	3	1	5	3	
70	174	40	97	114	148	1,66	1,32	0,89	3,45	26,56	21,12	9,11	3,38	11,13	38,11	2	1	1	4	6	1	6	1	2	2	2	2	2	1	2	3	
71	175	29	96	111	145	1,84	1,39	0,88	3,56	18,54	17,62	7,18	2,44	6,42	42,23	2	1	1	3	1	1	3	1	2	2	1	1	1	1	3		
72	176	30	97	114	148	2,02	1,57	0,97	3,98	18,86	15,54	7,64	3,29	6,84	43,84	2	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3	
73	84	39	96	111	145	2,52	2	1,11	3,96	17,78	18,19	8,41	3,51	14,05	50,17	2	1	1	5	8	1	8	1	2	2	1	3	3	1	5	3	
74	177	38	117	139	173	1,95	1,62	0,91	3,45	24,26	26,71	8,35	3,12	16,14	37,75	2	1	1	4	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	3	
75	178	35	97	114	148	2,17	1,96	0,94	3,63	21,05	16,92	8,67	3,1	11,16	46,5	2	1	1	3	3	1	3	1	2	2	1	1	1	1	2	3	
76	131	30	104	124	158	1,79	1,22	0,74	3,26	17,5	14,98	8,45	2,68	9,8	44,54	2	1	1	4	6	1	6	1	2	2	2	2	2	1	2	3	
77	179	35	96	111	145	1,76	1,32	0,78	3,56	22,24	18,19	10	4,15	10,14	48,51	2	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3
78	180	40	102	120	154	1,44	1,13	0,61	3,58	24,3	21,4	8,63	3,23	9,75	48,26	2	1	1	5	8	1	8	1	2	2	2	3	2	1	5	3	
79	181	40	109	132	166	1,8	1,58	1	3,78	29,36	8,23	7,62	3,03	8,27	45,69	1	1	1	4	4	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	3	
80	182	41	96	111	145	1,51	1,19	0,73	3,44	19,22	14,18	7,23	2,52	7,69	51,26	2	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	1	
81	183	41	97	114	148	1,51	1,22	0,72	3,68	16,41	14,68	7,69	2,01	8,67	48,16	2	1	1	4	6	1	6	1	2	2	2	2	1	1	1	2	
82	184	41	97	114	148	1,94	1,58	0,88	3,56	21,25	15,81	7,36	3,17	20,22	46,8	2	1	1	3	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	
83	185	38	102	120	154	1,74	1,37	0,74	3,55	23,28	19,64	7,81	2,57	17,18	52,06	2	1	1	3	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	3	
84	186	39	97	114	148	1,65	1,24	0,74	3,54	18,01	7,62	6,28	2,49	6,87	42,93	1	1	1	5	6	1	6	2	2	2	1	2	2	1	2	3	
85	187	29	97	114	148	2,02	1,79	1,12	3,98	21,08	6,81	6,47	2,21	5,25	36,97	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	1	3	
86	188	39	97	111	145	2,23	1,99	1,3	4,17	25,46	7,56	6,23	3,63	7,63	41,46	1	1	1	5	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	3	3	
87	189	40	97	114	148	1,97	1,71	1,16	3,66	23,4	7,2	6,82	4,1	2,65	18,66	1	1	1	5	6	1	5	1	2	2	1	2	2	1	2	3	
88	190	38	97	114	148	2,07	1,7	1,14	3,99	28,17	7,48	6,84	3,86	5,28	37,71	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3	
89	191	39	97	114	148	1,73	1,47	0,64	3,03	25,38	8,18	6,46	3,62	6,11	38,42	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	1	3	
90	192	39	109	132	166	1,75	1,4	0,83	3,13	24,21	9,87	7,15	3,23	5,56	39,71	1	1	1	5	6	1	6	2	2	2	1	2	2	1	2	3	
91	92	39	109	132	166	1,99	1,51	0,92	3,56	24,29	8,56	7,32	3,04	5,24	33,37	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	1	3	
92	193	40	109	132	166	1,94	1,65	0,92	3,41	24,02	7,82	6,37	2,75	8,17	58,35	1	1	1	5	8	1	8	1	2	2	1	3	3	1	3	3	
93	194	39	109	132	166	1,97	1,58	1,02	3,58	28,13	19,43	8,24	3,16	9,12	38,31	2	1	1	3	4	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	3	
94	195	39	109	132	166	2,27	1,8	1,06	3,87	24,18	24,32	9,17	4,43	10,13	34,93	2	1	1	5	4	1	4	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3
95	196	44	109	119	153	2,03	1,64	1,02	3,73	22,88	16,52	8,63	3,09	7,74	46,07	2	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	1	3	
96	197	41	109	132	166	1,73	1,37	0,71	3,58	25,68	8,74	6,41	2,78	6,7	37,01	1	1	1	4	6	1	6	2	2	2	1	2	2	1	2	3	
97	198	39	109	132	166	1,65	1,2	0,67	3,89	21,28	14,97	8,02	3,36	7,86	43,18	2	1	1	5	6	1	6	2	2	2	1	2	2	1	2	3	
98	199	41	109	132	166	1,82	1,28	0,83	3,69	32,18	22,51	9,33	3,34	9,98	48,44	2	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3	
99	200	41	109	132	166	1,72	1,25	0,8	3,45	24,93	8,33	6,28	3,02	14,33	57,32	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	2	2	1	2	3	
100	201	40	102	120	154	1,83	1,32	0,85	3,56	27,01	29,63	10,11	3,18	8,16	32,64	2	1	1	5	8	1	8	1	2	2	1	3	3	1	2	3	
101	202	39	109	132	166	2,01	1,54	0,82	3,47	30,56	8,26	7,66	3,23	7,12	47,46	1	1	1	4	6	1	6	1	2	2	1	3	3	1	1	3	
102	203	38	102	120	154	1,51	1,25	0,66	3,65	23,56	18,57	8,29	3,17	8,65	57,66	2	1	1	4	6	1	6	2	2	2	1	2	2	1	1	3	
103	138	38	104	124	158	1,78	1,38	0,83	3,47	28,21	16,54	8,69	3,63	10,24	34,71	2	1	1	3	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	3	
104	122	40	109	132	166	1,65	1,27	0,83	1,3	24,61	8,87	7,65	3,48	5,61	24,43	2	1	1	4	6	1	6	1	2	2	2	2	1	1	1	3	
105	204	38	109	131	165	1,7	1,37	0,76	3,33	22,5	9,21	6,84	2,52	4,29	29,79	1	1	1	5	4	1	4	1	2	2	1	2	2	1	2	3	
106	132	40	101	119	153	1,8	1,39	0,92	3,52	23,36	8,44	6,33	2,96	5,57	34,59	1	1	1	5	7	1	7	1	2	2	1	3	2	1	3	3	
107	205	39	109	132	166	1,79	1,38	0,87	3,14	30,01	8,88	6,84	4,07	4,98	29,12	1	1	1	5	8	1	8	1	2	2	1	3	3	1			

Resultados complementarios del análisis de componentes principales empleado en el estudio de la varianza total explicada (varianza total explicada).

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5,394	38,525	38,525	5,394	38,525	38,525	3,929	28,063	28,063
2	3,623	25,881	64,407	3,623	25,881	64,407	3,487	24,910	52,973
3	1,535	10,961	75,368	1,535	10,961	75,368	3,135	22,395	75,368
4	0,881	6,296	81,664						
5	0,803	5,739	87,403						
6	0,665	4,748	92,150						
7	0,320	2,286	94,436						
8	0,237	1,693	96,129						
9	0,225	1,606	97,734						
10	0,135	0,968	98,702						
11	0,103	0,738	99,440						
12	0,054	0,385	99,825						
13	0,024	0,174	100,000						
14	0,000	0,000	100,000						

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Matriz de componentes principales^a sin rotación ortogonal

Variables	Componente		
	1º	2º	3º
Días a la emergencia	-0,433	0,737	0,047
Días al inicio de floración	-0,475	0,857	0,033
Días al fin de floración	-0,469	0,849	0,094
Días a la madurez fisiológica	-0,468	0,850	0,094
Longitud de lámina	0,713	0,393	-0,392
Ancho de lámina	0,792	0,245	-0,438
Longitud de pecíolo	0,781	-0,012	-0,416
Número de dientes en la lámina	0,232	0,413	-0,473
Altura de planta	0,656	0,388	0,100
Cobertura foliar	0,682	0,270	0,399
Número de ramas primarias	0,740	0,261	0,426
Diámetro de tallo principal	0,693	0,430	0,043
Rendimiento de grano por planta	0,823	0,115	0,368
Índice de cosecha	0,376	-0,168	0,532

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

^a 3 componentes extraídos.

Análisis de varianza (ANOVA) para los grupos caracterizados en el germoplasma de cañahua.

Variables	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F	Sig.
DE	4685.406355	5	937.081271	48.9598227	.000
DIF	33518.66485	5	6703.73297	117.487411	.000
DFF	29589.04429	5	5917.808858	79.4539141	.000
DMF	29650.80088	5	5930.160177	78.9205194	.000
LL	5.422340462	5	1.084468092	21.1793542	.000
AL	6.26486933	5	1.252973866	26.6125021	.000
LP	3.824105158	5	0.764821032	23.2785022	.000
ND	7.060439694	5	1.412087939	6.96176676	.000
AP	2077.640767	5	415.5281535	17.6595736	.000
CF	3430.909108	5	686.1818217	19.2364888	.000
NRP	122.6263124	5	24.52526248	21.5533398	.000
DTP	25.68304803	5	5.136609607	14.7374869	.000
RGP	4801.106971	5	960.2213942	44.647008	.000
IC	4128.635854	5	825.7271708	9.55197884	.000

FOTOGRAFIAS

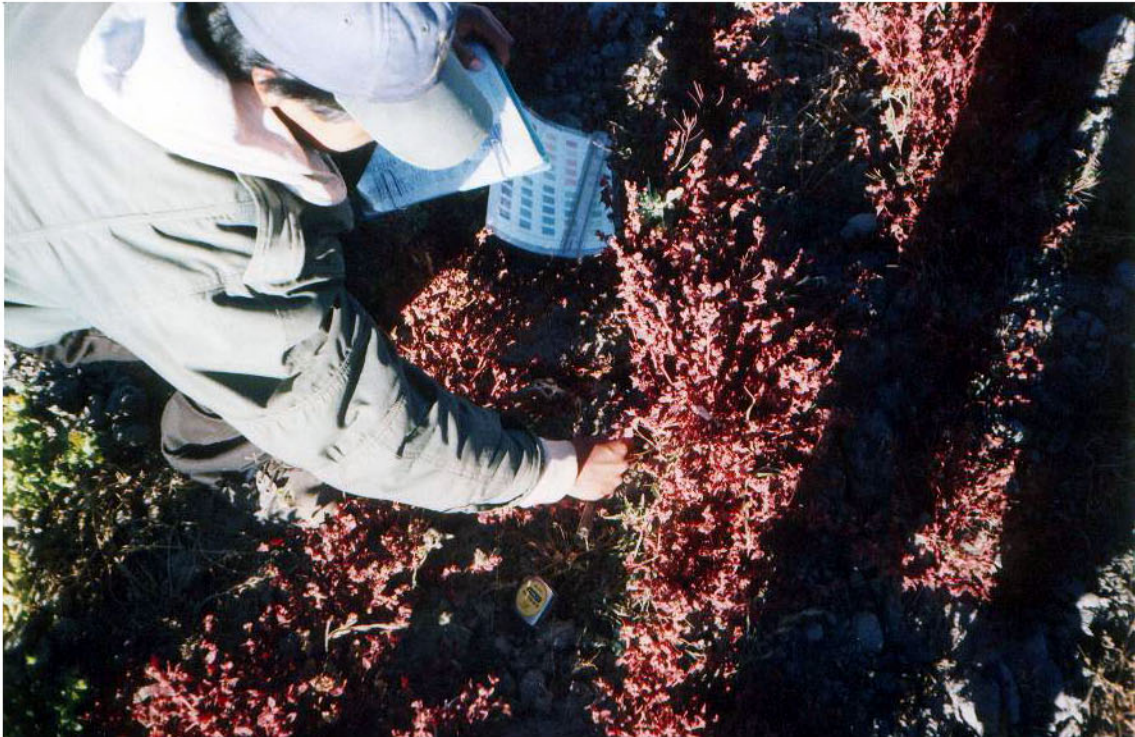


Foto 1: Medición de la cobertura foliar de las plantas de cañahua.



Foto 2: Conteo del número de ramas primarias de las plantas de cañahua.

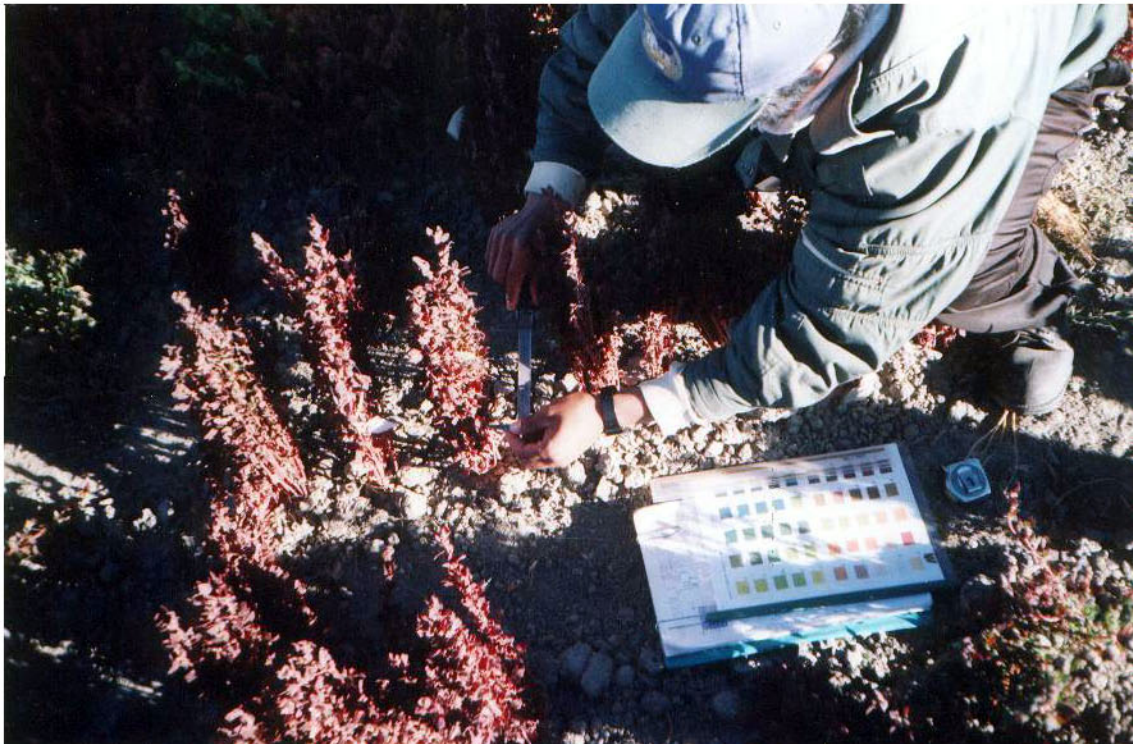


Foto 3: Medición del diámetro del tallo principal de las plantas de cañahua.



Foto 4: Color del tallo a la madurez fisiológica de las plantas de cañahua.



Foto 5: Color de la planta a la madurez fisiológica de las plantas de cañahua.