

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y  
COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA**



**TESIS DE GRADO**

**CARACTERES AGRONÓMICOS DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)  
EN EL PERIODO REPRODUCTIVO RELACIONADO A LA CALIDAD DE GRANO EN  
TREINTA Y NUEVE ACCESIONES**

**JACQUELINE LINDA CHAMBI NINA**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2017**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y  
COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA**

**CARACTERES AGRONÓMICOS DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN EL PERIODO REPRODUCTIVO RELACIONADO A LA CALIDAD DE GRANO EN TREINTA Y NUEVE ACCESIONES**

*Tesis de Grado Presentado como requisito Parcial para optar el título de Licenciada en Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria*

**JACQUELINE LINDA CHAMBI NINA**

**ASESORES**

Ing. Ph. D. Félix Mamani Reynoso

.....

Ing. Silvia Etelvina Aliaga Zeballos

.....

**TRIBUNAL EXAMINADOR**

Ing. M. Sc. Gloria Cristal Taboada Belmonte

.....

Ing. M. Sc. Wilfredo Peñafiel Rodríguez

.....

Ing. M. Sc. Rubén Jacobo Trigo Riveros

.....

**APROBADA**

**Presidente Tribunal Examinador:**

.....

**La Paz - Bolivia**

**2017**

## DEDICATORIA

*A mi padre por su generosidad, apoyo y cariño, por todo el esfuerzo realizado con amor, paciencia, por su enseñanza de lucha y consejos para hacernos personas de bien.*

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi profundo agradecimiento:

A la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés por la enseñanza y formación profesional impartida.

Al proyecto Biogen Quinoa - Cañahua, cuyo apoyo y financiamiento hizo posible el trabajo de investigación de esta tesis.

A la Estación Experimental Choquenaira, dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, por permitirme realizar el trabajo de campo en sus instalaciones.

Al Ing. Ph. D. Félix Mamani Reynoso, asesor y orientador, durante la ejecución del trabajo de investigación, por su apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

A mi asesora Ing. Silvia Etelvina Aliaga Zeballos, por su cooperación, paciencia y sobre todo su amistad y afecto con el cual se logró la elaboración y conclusión de éste trabajo.

Al Tribunal de Revisores: Ing. Gloria Cristal Taboada, Ing. Wilfredo Peñafiel, Ing. Rubén Trigo, por las observaciones y sugerencias realizadas para la realización de este trabajo.

A mí querido padre por todo su cariño, consejos y el gran esfuerzo para apoyarme durante todos los años de estudio y colaboración en situaciones buenas y malas.

## CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN

	Pág.
ÍNDICE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ABSTRACT.....	vi
RESUMÉN.....	vii

### ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivo General .....	2
1.2 Objetivos Específicos .....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Cultivo de la cañahua .....	3
2.1.1 Generalidades .....	3
2.1.2 Centro de Origen y Dispersión geográfica del Cultivo .....	3
2.1.3 Características del Cultivo .....	4
2.1.4 Importancia del Cultivo .....	4
2.1.5 Producción Mundial .....	4
2.1.6 Producción Nacional.....	5
2.1.7 Clasificación Taxonómica.....	5
2.1.8 Descripción Morfológica .....	5
2.1.9 Características de Manejo Agronómico del Cultivo.....	6
2.1.10 Valor Nutricional del grano .....	8
2.2 Descripción Morfológica .....	10
2.2.1 Raíz .....	10
2.2.2 Tallo.....	10
2.2.3 Hojas .....	10

2.2.4	Inflorescencia .....	11
2.2.5	Flores.....	11
2.2.6	Grano.....	11
2.3	Hábitos de Crecimiento .....	12
2.4	Fases Fenológicas del Cultivo de Cañahua .....	12
2.4.1	Emergencia .....	13
2.4.2	Dos Hojas Verdaderas.....	13
2.4.3	Ramificación.....	13
2.4.4	Formación de Inflorescencia .....	14
2.4.5	Floración.....	14
2.4.6	Grano Lechoso.....	14
2.4.7	Grano Pastoso .....	14
2.4.8	Madurez Fisiológica .....	14
2.5	Concepto de Calidad de los Granos .....	15
2.6	Caracterización .....	16
2.7	Utilización.....	16
2.7.1	Alimentación Humana.....	16
2.7.2	Alimentación Animal .....	17
2.7.3	Otras Formas de Aprovechamiento .....	17
2.8	Componentes de la Caracterización y Evaluación .....	18
2.8.1	La Población Representativa de la Especie .....	18
2.8.2	Descriptores .....	18
2.8.3	Estados del Descriptor.....	18
2.8.4	Análisis Multivariado .....	19
2.8.5	Análisis de Componentes Principales .....	19
2.8.6	Análisis de Conglomerados.....	20
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1	Localización .....	21
3.1.1	Ubicación Geográfica .....	21

3.1.2 Topografía .....	21
3.1.3 Temperatura y Precipitación.....	23
3.1.4 Características Agroecológicas .....	23
3.2 MATERIALES .....	23
3.2.1 Material genético.....	23
3.2.2 Materiales de Campo y Herramientas.....	24
3.2.3 Materiales de escritorio.....	24
3.2.4 Materiales de Laboratorio Una Balanza analítica .....	24
3.3 Procedimiento experimental .....	24
3.3.1 Preparación del terreno .....	24
3.3.2 Siembra .....	24
3.3.3 Labores culturales.....	25
3.3.4 Trilla.....	25
3.4 Evaluación del Cultivo .....	25
3.4.1 Variables .....	26
3.5 Análisis estadístico .....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	32
4.1 Variables cuantitativas .....	32
4.1.1 Altura de planta (AP).....	32
4.1.2 Diámetro de la Cobertura foliar (DCF). .....	34
4.1.3 Número de Ramificaciones por Planta.....	36
4.1.4 Diámetro de Tallo Principal (DTP).....	38
4.1.5 Numero de Hojas Presentes en el Tallo Principal .....	40
4.1.6 Rendimiento de Grano por Planta (RGP) .....	42
4.2 Variables Cualitativas .....	44
4.2.1 Hábito de Crecimiento (HC) .....	44
4.2.2 Color de Estrías (ce).....	45
4.2.3 Color de Tallo a la Madurez Fisiológica (CT) .....	46
4.2.4 Color de la Planta a la Madurez Fisiológica (CP) .....	47

4.2.5 Color del Pericarpio (CP).....	49
4.2.6 Color de grano (CG) .....	50
4.3 Análisis Multivariado .....	51
4.3.1 Análisis de correlación .....	51
4.3.2 Rendimiento de Grano por Planta.....	52
4.3.3 Análisis de conglomerados.....	52
4.3.4 Caracterización de grupos.....	53
4.3.5 Grupo 1. ....	55
4.4 Análisis de hierro y proteína.....	56
5. CONCLUSIONES .....	58
6. RECOMENDACIONES.....	60
7. BIBLIOGRAFIA .....	61

## ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Hábito de crecimiento.....	45
Cuadro 2. Descripción del color de estrías.....	46
Cuadro 3. Descripción del color del tallo a la madurez fisiológica.....	47
Cuadro 4. Descripción del color de la cobertura vegetal.....	48
Cuadro 5. Descripción del color del pericarpio.....	49
Cuadro 6. Color de grano (CG).....	50
Cuadro 7. Matriz de proximidades.....	51
Cuadro 8. Caracterización del grupo1.....	54
Cuadro 9. Caracterización del grupo2.....	54
Cuadro 10. Caracterización del grupo3... ..	55
Cuadro11. Descripción del número de accesiones en cada grupo.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de la Provincia Ingavi.....	22
Figura 2. Forma de grano.....	30
Figura 3. Altura de planta (cm).....	33
Figura 4. Diámetro de la cobertura vegetal (cm).....	35
Figura 5. Numero de ramificaciones en el tallo principal (unid).....	37
Figura 6. Diámetro de tallo principal (mm).....	39
Figura 7. Numero de hojas presentes en el tallo principal.....	41
Figura 8. Rendimiento de grano por planta (g).....	43
Figura 9. Análisis de conglomerados.....	53
Figura 10. Análisis de hierro y proteína en Cañahua.....	57

## ABSTRACT

The present research work entitled: Agronomic characters of cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) in the reproductive period related to grain quality in thirty - nine accessions; Where the purpose is to analyze the cañahua from the agronomic point of view and the nutritional value (iron and protein) with grains harvested from the North and Central Altiplano of the department of La Paz, this to avoid the loss and extinction of several varieties of the Cañahua , A work done at the Experimental Station of Choquenaira by the Faculty of Agronomy - UMSA, evaluated the agronomic and morphological behavior of 39 accessions of cañahua in the agricultural year 2015 - 2016. A total of 18 quantitative variables and 10 variables Qualitative With the correlation analysis we found that the phenological variables present a significant correlation, being associated in a negative way to these variables the coefficients of harvest index and grain yield, indicating that their behavior is inversely proportional to thephenological variables. The analysis of main components allowed to identify the variables that contributed the most to the variance in each one of the selected components, was characterized mainly to the phenological variables. It was also characterized the agronomic variables, indicating that those accessions that develop large plants with thick stems, greater number of primary branches and foliar cover present greater yield of grain. The cluster analysis allowed to classify and characterize the accessions of cañahua in three Groups, this group provided a useful description and allowed to visualize particular characteristics in each group. The results obtained in the analysis of iron and protein indicate that the accession that did not have as good yield presented greater amount of iron 34.13 mg / 100 g and protein of 20.26%.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: Caracteres agronómicos de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el periodo reproductivo relacionado a la calidad de grano en treinta y nueve accesiones; donde el propósito es analizar la cañahua desde el punto de vista agronómico y el valor nutricional (hierro y proteína) con granos recolectados del Altiplano Norte y Centro del departamento de La Paz, esto para evitar la pérdida y extinción de diversas variedades del cultivo de cañahua, trabajo realizado en la Estación Experimental de Choquenaira a cargo de la Facultad de Agronomía-U.M.S.A., se evaluó el comportamiento agronómico y morfológico de 39 accesiones de cañahua en el año agrícola 2015 – 2016. Habiéndose evaluado un total de 18 variables cuantitativas y 10 variables cualitativas. Con el análisis de correlación se encontró que las variables fenológicas presentan una correlación significativa, asociándose en forma negativa a estas variables los coeficientes índices de cosecha y rendimiento de grano, indicando que su comportamiento es inversamente proporcional a las variables fenológicas. El análisis de componentes principales permitió identificar las variables que más contribuyeron a la varianza en cada uno de los componentes seleccionados, se caracterizó principalmente a las variables fenológicas. También se caracterizó a las variables agronómicas, indicando, que aquellas accesiones que desarrollan plantas grandes con tallos gruesos, mayor número de ramas primarias y cobertura foliar presentan mayor rendimiento de grano. El análisis de conglomerados, permitió clasificar y caracterizar a las accesiones de cañahua en tres grupos, esta agrupación proporcionó una descripción útil y permitió visualizar características particulares en cada grupo. Los resultados obtenidos en el análisis de hierro y proteína indican que la accesión que no tenía tan buen rendimiento presento mayor cantidad de hierro 34,13 mg/100 g y de proteína de 20,26%.

## 1. INTRODUCCIÓN

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

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

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

Por las bondades de la calidad de grano, es necesario promoverla y potencializarla dentro la economía familiar en sectores donde los factores climáticos (helada y granizo) son adversos. Debiendo recalcar que la producción de cañahua es considerada importante en la dieta alimentaria, en comparación a otros cultivos.

La cañahua es una especie importante en la alimentación por su elevado valor nutritivo al poseer un alto contenido de proteína (15,77 – 18,98%), fibra cruda (7,21 – 8,45%) y carbohidratos (60,80 – 65,20%) (Rojas y Pinto, 2006).

El presente trabajo de investigación tiene como propósito analizar agrónomicamente el cultivo de cañahua y el valor nutricional (hierro y proteína) con semillas recolectadas del

Altiplano Norte y Centro del departamento de La Paz, para evitar la pérdida y extinción de diversas variedades de este.

Así, este estudio complementa la caracterización y evaluación preliminarmente de 39 accesiones de cañahua los cuales fueron sembradas en la gestión agrícola 2015 - 2016 con el fin de evaluar el rendimiento de las mejores accesiones que sirvan de base para futuros trabajos de investigación que vayan en beneficio de los productores.

Por lo señalado con anterioridad se planteó los siguientes objetivos:

### **1.1 Objetivo General**

Caracterizar agrónomicamente el cultivo de cañahua en el periodo reproductivo relacionado a la calidad de grano en treinta y nueve accesiones recolectadas en el Altiplano Norte y Centro del departamento de La Paz.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar valores agronómicos en el periodo reproductivo de treinta y nueve accesiones de cañahua
- Determinar la calidad de los granos de treinta y nueve accesiones de cañahua.
- Analizar el contenido de hierro y proteína del grano de las tres accesiones con mayor rendimiento.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Cultivo de la cañahua**

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

#### **2.1.1 Generalidades**

La cañahua fue ampliamente cultivada y difundida por el imperio incaico, particularmente por la cultura Tiahuanacota, pero su cultivo fue restringido por la colonización española, iniciándose con ello su desplazamiento que actualmente se la considera en vías de extinción (Rojas et al,2003).

#### **2.1.2 Centro de Origen y Dispersión geográfica del Cultivo**

La cañahua originaria de los Andes del Sur de Perú y de Bolivia, fue domesticada por los pobladores de la cultura Tiahuanacota, asentados en la meseta del Collao. No se han encontrado vestigios arqueológicos relacionados con esta planta, y la dehiscencia que aún presentan los granos sugiere que su domesticación no está completa. Tiene importancia en el Altiplano del Perú y de Bolivia, porque produce granos para la alimentación humana en altitudes entre 3800 y 4300 m, siendo muy resistente al frío en sus diferentes fases fenológicas. En la actualidad, su cultivo y utilización se mantienen a niveles de autoconsumo en estas regiones; una de las causas de su marginación es la elevada cantidad de mano de obra requerida para su cosecha y el tamaño pequeño del grano, que dificulta su manejo (FAO, 2010).

La Cañahua es una especie originaria de las zonas altas de Bolivia, donde fue domesticada y utilizada por los pobladores andinos Quechuas y Aymaras en épocas prehispánicas (Pinto *et al.*, 2010).

La cañahua en Bolivia se cultiva en el Departamento de La Paz en la provincia de Pacajes, en las regiones de la provincia de Pacajes, Omasuyos (zonas más altas) y en los alrededores de Independencia del departamento de Cochabamba (Tapia, 1997).

### **2.1.3 Características del Cultivo**

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

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

### **2.1.4 Importancia del Cultivo**

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

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

### **2.1.5 Producción Mundial**

FAO (2013) Describe la producción mundial del cultivo de cañahua como un potencial presente en regiones alto andinas, además de resaltar las propiedades nutricionales y

características de la especie, siendo que el rendimiento promedio a nivel mundial aún no se ha determinado con exactitud por la diversidad del cultivo, en regiones productoras peruanas el promedio de producción es de 676 kg/ha (2004) a 773 kg/ha (2009)

#### **2.1.6 Producción Nacional**

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

#### **2.1.7 Clasificación Taxonómica**

Mújica (2002), presenta la siguiente clasificación:

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

#### **2.1.8 Descripción Morfológica**

La cañahua es una planta de gran diversidad genética, de auto polinización y que alcanza una altura de 20 a 60 cm. Produce numerosas semillas de un tamaño aproximado de un milímetro y existen varias variedades, cada una con su propia forma y color de grano (La Cañahua Merece Regresar, 2004).

La cañahua como una planta de crecimiento anual, de 25 – 70 cm de altura aproximadamente. De acuerdo a la disposición de sus ramas, se conocen dos ecotipos: la “*Saihua*”, de crecimiento erecto y pocas ramas secundarias, con extremos erguidos y postrados y la “*Lasta*”, con bastante ramificación; su raíz es pivotante con múltiples ramificaciones finas, la planta presenta diversidad de colores como, amarillo, rosado,

anaranjado, rojo o púrpura, con hojas pecioladas alternadas, inflorescencia en cimas terminales y axilares, cubiertas por follaje. Semilla de 0.5 – 1.0 mm de diámetro de color castaño o negro (Quispe, Mújica, 2002 y Rojas, 2003).

## **2.1.9 Características de Manejo Agronómico del Cultivo**

### **2.1.9.1 Época y Densidad de Siembra**

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

### **2.1.9.2 Método de Siembra**

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

### **2.1.9.3 Abonamiento**

Apaza (2010) explica que es normal que los campesinos no acostumbren a abonar el suelo, pero sin embargo en investigaciones realizadas en el Perú afirma que es necesario primero hacer un análisis de suelo previo a la aplicación de algún abono ya sea este químico o natural. En las investigaciones realizadas se aconseja aplicar cuatro a seis toneladas de estiércol descompuesto de ovino aplicado de forma manual al medio del surco, porque el cultivo de cañahua responde bien a la fórmula de abonamiento de 40 kg de N, 20 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y cuya deficiencia influencia en los rendimientos.

Por otra parte Pinto *et al.*, (2008) afirma que generalmente no se acostumbra a abonar para producir cañahua porque se aprovechan los residuos del abono aplicado al cultivo

anterior que normalmente es papa (*Solanum tuberosum* L.), pero se recomienda incorporar guano de oveja o de vaca durante la preparación del terreno, esparciendo sobre toda la parcela, para asegurar que las plantas tengan suficiente cantidad de nutrientes que les permita crecer mejor y así obtener una mayor producción

#### **2.1.9.4 Deshierbe**

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

#### **2.1.9.5 Raleo**

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

#### **2.1.9.6 Cosecha**

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

#### **2.1.9.7 Trilla y Almacenamiento**

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

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

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

### **2.1.10 Valor Nutricional del grano**

La cañahua se caracteriza por su contenido de proteína, fibra, minerales y vitaminas de alto valor biológico, superior a la quinua. Es un alimento considerado nutracéutico o alimento funcional, con un elevado contenido de proteínas (15,7 a 18,8 %) y una proporción importante de aminoácidos esenciales, entre los que destaca la lisina (7,1%), aminoácido escaso en los alimentos de origen vegetal, que forma parte del cerebro humano (Quispe, 2003).

Esta calidad proteica en combinación con un contenido de carbohidratos del orden del 63,4% y aceites vegetales del orden del 7,6%, la hacen altamente nutritiva. También concentra grandes proporciones de calcio, magnesio, sodio, fósforo, hierro, zinc, vitamina E, complejo vitamínico B; por lo que los nutricionistas la comparan con la leche. El grano también tiene alto nivel de fibra dietética, y grasas no saturadas. Considerándose a esta especie como uno de los componentes estratégicos de la seguridad alimentaria, del cual se podrían elaborar productos innovadores en la industria alimentaria (Quispe, 2003).

Entre los granos andinos que en la actualidad se viene recuperando y difundiendo a nivel mundial, contamos paralelamente al de la quinua, a los granos de cañahua (su nombre local en Bolivia es cañahua) de la especie *Chenopodium pallidicaule*, cuya

importancia radica en la composición nutricional alta que posee, en comparación con el pequeño diámetro de grano (Quispe, 2003).

#### **2.1.10.1 Composición Nutricional**

La cañahua se caracteriza por el contenido alto de proteína superando el 18%, con buenas cantidades de aminoácidos esenciales, en función fisiológica de madurez en diferentes zonas agroecológicas (Tapia, 1990).

La tabla de composición de los alimentos peruanos según Collazos (1998), reporta tres variedades de granos de Cañahua amarilla, gris y parda, entre las cuales no existe diferencia considerable en su composición. Además se observa la composición proximal reportada por Repo-Carrasco (1992).

#### **2.1.10.2 Proteínas**

El valor nutricional de la cañahua es elevado y superior a otros cereales ya que además de ser fuente de energía, también constituye una valiosa fuente de proteínas para el consumo humano. El contenido de proteína varía entre 13.8 y 19 % en base seca, de acuerdo a varios autores; siendo este el componente más importante en la células, los tejidos y los músculos del cuerpo humano, así como de la sangre, la piel y de todos los órganos internos, los huesos también están formados por proteínas de colágeno, sobre los que se asientan el calcio y otros minerales; no se almacenan en el organismo como las grasas o los hidratos de carbono, por ello, es necesario ingerirla de forma constante a lo largo de la vida Repo-Carrasco (1992).

#### **2.1.10.3 Aspectos Nutricionales de la Cañahua**

De acuerdo a Soto y Carrasco (2008), la cañahua es conocida por su alto valor nutritivo, y contenido de proteínas de alto valor biológico (de fácil asimilación por el cuerpo), carbohidratos, aceite vegetal y minerales. Estos aspectos nutricionales se deben a diferentes factores como el lugar donde se cultiva, la fertilidad del suelo, pero el más importante es la variación genética.

Por su parte Rojas *et al*, (2010), presentan las características del valor nutritivo y agroindustrial estudiada del germoplasma de cañahua los cuales están expresados sobre base seca.

## **2.2 Descripción Morfológica**

### **2.2.1 Raíz**

La cañahua presenta una raíz principal pivotante, cónica de coloración ligeramente blanquecina a crema relativamente profunda que alcanza longitudes de 6 a 22 cm, con numerosas raicillas secundarias delgadas, que pueden superar estas dimensiones en suelos de textura liviana, profundos y buena humedad(Calle, 1980).

La cañahua tiene 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 (Tapia, 1990).

### **2.2.2 Tallo**

El tallo es cilíndrico, estriado con estrías de color morado, rosado, amarillo y anaranjado, presenta numerosas ramificaciones las cuales fluctúan de 2 a 12, con promedio de 5 ramas por planta, lo cual da una apariencia de ser abierta diferente a la quinua (Calle, 1980).

Tiene tallo cilíndrico, estriado, ramificado y glabrescente. El tallo puede ser también erguido o pampalasta, presentando una coloración verde cuando son tiernas, variando posteriormente a un color amarillo hasta morado cuando la planta madura (Gómez, 2001).

### **2.2.3 Hojas**

Las hojas son pecioladas de forma romboide, trilobuladas, alternas y cubren a la inflorescencia (Mujica *et al*, 2002).

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 básales 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 (Calle, 1980).

#### **2.2.4 Inflorescencia**

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 Tapia (1990),

#### **2.2.5 Flores**

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 (Cano, 1973).

#### **2.2.6 Grano**

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 (Cano, 1973).

El grano presenta un diámetro de 0,5 – 1,0 mm, color castaño o negro, piriforme y ligeramente comprimido. Las semillas no presentan dormancia y pueden germinar maduros sobre la propia planta al tener humedad suficiente (Mujica *et al.*, 2002).

El color de grano, corresponde al color del pericarpio; los frutos se desprenden como tales y hay que frotar al frágil pericarpio para encontrar las coberturas subyacentes del grano (Lescano, 1994).

### 2.3 Hábitos de Crecimiento

Las formas de crecimiento como lastas y saihuas, siendo las lastas semi erguidas con ramificaciones que nacen desde la base, presentando generalmente más de 6 ramas primarias; mientras las saihuas son plantas erguidas con pocas ramificaciones de tres a cinco ramas paralelas(Tapia, 1968 y Lescano, 1994).

- a) **Saihua.** Plantas erguidas con pocas ramas, estrechas entre sí con ramificaciones primarias y secundarias la coloración de éstas plantas varían en su tonalidad de color en morada, rosada, amarilla y anaranjada de acuerdo al contenido de los pigmentos de antocianinas y xantofilas.
- b) **Lastas.** Son plantas postradas a semi-erguidas con numerosas ramas primarias y secundarias que nacen desde la base, que a la madurez fisiológica muestran las tonalidades de color morada, rosada, amarilla y anaranjada.
- c) **Intermedias.** Plantas semi-erguidas con menor número de ramificaciones primarias y secundarias que también son semi-erguidas, que muchas veces se confunden con las saihuas y otras veces con lastas, esta forma de crecimiento se observó solo en plantas de color morado.

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

### 2.4 Fases Fenológicas del Cultivo de Cañahua

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

### **2.4.1 Emergencia**

Es la aparición de los cotiledones sobre la superficie del suelo y se debe observar, antes que las axilas terminales se alarguen. Esta fase es muy susceptible al ataque de los pájaros.

Esta etapa habitualmente sucede entre los 5 y 10 días luego de la siembra dependiendo la variedad, las condiciones climáticas de la zona de cultivo y la disponibilidad de agua para riego.

### **2.4.2 Dos Hojas Verdaderas**

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

### **2.4.3 Ramificación**

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

**Ramas primarias.** Cuatro ramas basales que se denomina tetra rameal decusada y corimboide que caracteriza a las plantas de cañahua (qañawa); las terciarias son poco robustas y en número variable de 8 a 30, de acuerdo al desarrollo en cada zona agroecológica con mayor número de antohipsofilas (Cultivo de Cañahua, 2016).

**Ramas secundarias.** (Laterales). Las ramas son delgadas en su mayoría desarrolladas paralelas al tallo principal, curvicaules, alternas que llevan las antohipsofilas conteniendo a la inflorescencia, donde las ramas terciarias son poco robustas con número variable de 10 a 20 (Cultivo de Cañahua, 2016).

#### **2.4.4 Formación de Inflorescencia**

Fase en la que se observa la aparición de las primeras inflorescencias en la rama principal de la planta.

Esta fase es característica porque la planta empieza a cambiar la coloración de sus hojas, ramas, ocurre normalmente entre los 75 y 85 días luego de la emergencia (Apaza, 2010).

#### **2.4.5 Floración**

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

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

#### **2.4.6 Grano Lechoso**

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

#### **2.4.7 Grano Pastoso**

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

#### **2.4.8 Madurez Fisiológica**

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

## **2.5 Concepto de Calidad de los Granos**

La calidad de los granos es un atributo muy importante, ya que es la razón por la cual se cultivan solo un pequeño porcentaje de especies en relación con las existentes. El uso que tendrá un lote particular de granos se encuentra fuertemente asociado a su composición final. Por lo tanto, podemos definir la calidad como el grado de aptitud de un producto para un uso determinado y se halla fijada por los requerimientos específicos de aquellos que desean moler, procesar o comer un grano determinado, más que por las propiedades inherentes a dicho grano. En general, un producto posee más calidad cuando es superior basándose en uno o varios atributos que son valorados objetiva o subjetivamente

En nuestro trabajo se hará la distinción entre dos tipos de calidades, relacionadas con el acopio de granos: intrínseca y extrínseca. La calidad intrínseca, hace referencia al grano propiamente dicho, fundamentalmente a su composición química, que lo hará apto para un uso determinado. Los granos a la cosecha presentan su máxima calidad intrínseca, y esta no puede ser mejorada, solo puede plantearse como objetivo mantener la calidad de la materia seca constituyente tratando de que el deterioro sea el menor posible. La calidad extrínseca, hace referencia al lote de granos e involucra a la materia extraña y a las plagas.

Esta calidad, a diferencia de la anterior, si puede ser mejorada mediante técnicas de limpieza y control de plagas.

Los mercados de granos son cada vez más especializados y existirá, en el futuro, mayor presión para producir granos con mayor uniformidad y de características más marcadamente definidas. La selección de cultivares con capacidad de suministrar granos de buena calidad y estable en condiciones de estrés, jugará un rol importante en los programas de mejoramiento. Por otra parte, un manejo adecuado de los cultivos en la etapa de la cosecha y de los granos en la pos cosecha será primordial para obtener mayores beneficios económicos.

El peso hectolitrico, es un importante factor de calidad en todas partes del mundo y está influenciado por la uniformidad, forma, densidad y tamaño del grano.

## **2.6 Caracterización**

La caracterización consiste en describir sistemáticamente las accesiones de una especie a partir de características cualitativas como el hábito de crecimiento, la altura de planta y el color de las flores. Estas características son de alta heredabilidad y no varían con el medioambiente (Jaramillo y Baena, 2000)

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

No resulta económicamente factible evaluar todas las accesiones y que se pueda optar por una evaluación preliminar para observar la adaptación y solo aquellas que muestren buen comportamiento frente a un testigo se evalúan con un objetivo específico.

## **2.7 Utilización**

### **2.7.1 Alimentación Humana**

Con la harina de cañahua se elaboran también panes y mazamorra que son el alimento de las poblaciones campesinas de las tierras más altas en el Altiplano de Perú y Bolivia (Calle, 1980).

Llerena (1974), probó distintos porcentajes (4,8 y 12%), de harina de cañahua y quinua que pueden reemplazar a la harina de trigo en el proceso de panificación, sin desmejorar la calidad del pan, además indica que no existe aparente disminución en el valor proteico entre los panes con harina de trigo, comparando con los porcentajes variables de reemplazo de harina de quinua o cañahua, pero probablemente la comparación en aminoácidos sea ligeramente enriquecida con el uso de otros pseudocereales.

La cañahua se usa en la alimentación humana como grano reventado y como grano molido del que se obtiene una harina suave que se consume diluida en una mezcla de leche, agua y azúcar al gusto. También se utiliza para preparar mazamorras, sopas, guisos, albóndigas, tortas, refrescos y bebidas calientes. Las plantas se aprovechan en la alimentación animal, como forraje verde, heno o ensilaje (Soto y Pinto, 2003).

La cañahua es útil como alimento y medicina. Los granos tienen un elevado contenido de proteína (14 – 19%) y una importante proporción de aminoácidos azufrados. Tienen un buen volumen de fibra dietética y propiedades restauradoras del sistema inmunológico, constituyéndose en una alternativa para rehabilitar niños desnutridos (IPGRI, 2000).

### **2.7.2 Alimentación Animal**

La planta de cañahua ofrece un buen volumen de tallos, que se utiliza en la alimentación animal como forrajera y que el ganado consume de buen agrado (Sotelo, 1972).

Probando también la incorporación del grano de cañahua en raciones para pollos parrilleros, encontró que la cañahua podía reemplazar hasta en un 50 % al maíz (Negrón et al, 1976).

Realizando ensayos con ovinos, se observó que el grano de cañahua es más digestible que la quinua, posiblemente, porque la cañahua carece del contenido de saponina que tiene la quinua (Arce y Alencastre, 1976).

### **2.7.3 Otras Formas de Aprovechamiento**

Los indígenas del Altiplano peruano y boliviano queman la biomasa residuo del trillado y con las cenizas elaboran una pasta llamada "llipta", la cual es rica en calcio y es usada por los masticadores de hoja de "coca"(IBTA, 1997).

Además de lo indicado, la cañahua tiene formas de aprovechamiento que son muy antiguas, el pito de cañahua se utiliza para contrarrestar el mal de altura, las aptas de los niños, la disentería y finalmente en forma de llijt'a o lejia que se hacen de los tallos

secos, de los que luego de quemarlos, obtienen una ceniza con la que fabrican esta pasta, la que mastican junto con las hojas de coca (Tapia, et al., 1968).

## **2.8 Componentes de la Caracterización y Evaluación**

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

### **2.8.1 La Población Representativa de la Especie**

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

### **2.8.2 Descriptores**

Un descriptor es un carácter o atributo referente a la forma, estructura o comportamiento de un individuo. En términos prácticos un descriptor es un rasgo, cuya expresión es fácil de medirse, contarse o evaluarse. Los fitomejoradores tienden a usar descriptores de interés agronómico y de naturaleza poligénica; los botánicos tratan de tener descriptores que definan aspectos morfológicos, sin tomar en cuenta la regulación genética y los genetistas eligen caracteres cualitativos y monogénicos. Tapia (1979), define a un descriptor como las características botánicas de una especie que uniformiza los criterios de evaluación en los bancos de germoplasma, recolección y evaluaciones posteriores (Rea, 1985).

### **2.8.3 Estados del Descriptor**

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

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

#### **2.8.4 Análisis Multivariado**

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

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

Los métodos multivariados se clasifican en dos grupos: Los de dependencia, que son aquellos en los cuales una variable o conjunto de variables es identificado como dependiente de otro conjunto conocidas como independiente o predictor; y los de interdependencia, o aquellos en que ninguna variable o grupo de variables es definido como independiente o dependiente y, más bien, el procedimiento implica el análisis simultáneo de todo el conjunto de variables.

#### **2.8.5 Análisis de Componentes Principales**

El análisis de componentes principales, es una técnica de aproximación estadística que puede usarse para analizar interpretaciones entre un gran número de variables y explicar éstas variables en términos de sus dimensiones subyacentes comunes (factores). El objetivo es encontrar un modo de condensar la información contenida en un número de variables originales en un conjunto más pequeño de variables (factores) con una pérdida mínima de información(Hairet *al*, 1999),

El análisis de componentes principales(ACP) es una herramienta útil para analizar los datos que se generan de la caracterización y evaluación preliminar de germoplasma, permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas consideradas y la

semejanza entre las accesiones; en el primer caso, con el fin de saber cuáles variables están o no asociadas, cuáles caracterizan en el mismo sentido o en el sentido contrario; y en el segundo, para saber cómo se distribuyen las accesiones, cuales se parecen y cuáles no. También permite seleccionar las variables cuantitativas más discriminatorias para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores (Hidalgo, 2003).

### **2.8.6 Análisis de Conglomerados**

El análisis de conglomerados o cluster es una técnica analítica para desarrollar subgrupos significativos de individuos u objetos. De forma específica, 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. El análisis cluster, a diferencia del análisis discriminante, los grupos no están predefinidos. Por consiguiente se usa la técnica para identificar grupos (Hair *et al*, 1999).

El análisis de conglomerados es un método analítico que se aplica para clasificar las accesiones de cañahua (o variables) en grupos relativamente homogéneos con base en alguna similitud existente entre ellas. El objetivo en este análisis es clasificar 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 (Hidalgo, 2003).

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.

El propósito esencial del análisis de conglomerados, es establecer 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).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización**

##### **3.1.1 Ubicación Geográfica**

El presente estudio se realizó en los predios de la Estación Experimental de Choquenaira, ubicada a 32 km al sur-oeste de la ciudad de La Paz, dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Provincia Ingavi al Sur de la población de Viacha. Geográficamente, se encuentra entre los paralelos 16°41'38" de latitud Sur y 68°17'13" de longitud Oeste, a una altitud de 3854 msnm y posee una extensión de 140 hectáreas (Rodríguez, 2005).

##### **3.1.2 Topografía**

Fisiográficamente, el lugar de estudio corresponde al paisaje planicie no anegadizo, así mismo se puede decir que el lugar de estudio fue plano con una pendiente suave de 1% de micro relieve liso, ondulación muy ligera, con un drenaje externo moderado y con drenaje interno moderadamente lento; la posición topográfica en la que se encuentran estos suelos, tienen una erosión hídrica ligera y una erosión eólica muy suave (Callisaya, 1994).

La textura del suelo es arcillo-limoso y franco arcillo-limoso, de estructura bloque sub-angular, moderadamente fuerte, de consistencia adherida en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco; por su parte el subsuelo presenta consistencia ligeramente adherente en mojado presentando un color pardo a pardo rojizo (Quispe, 1999).

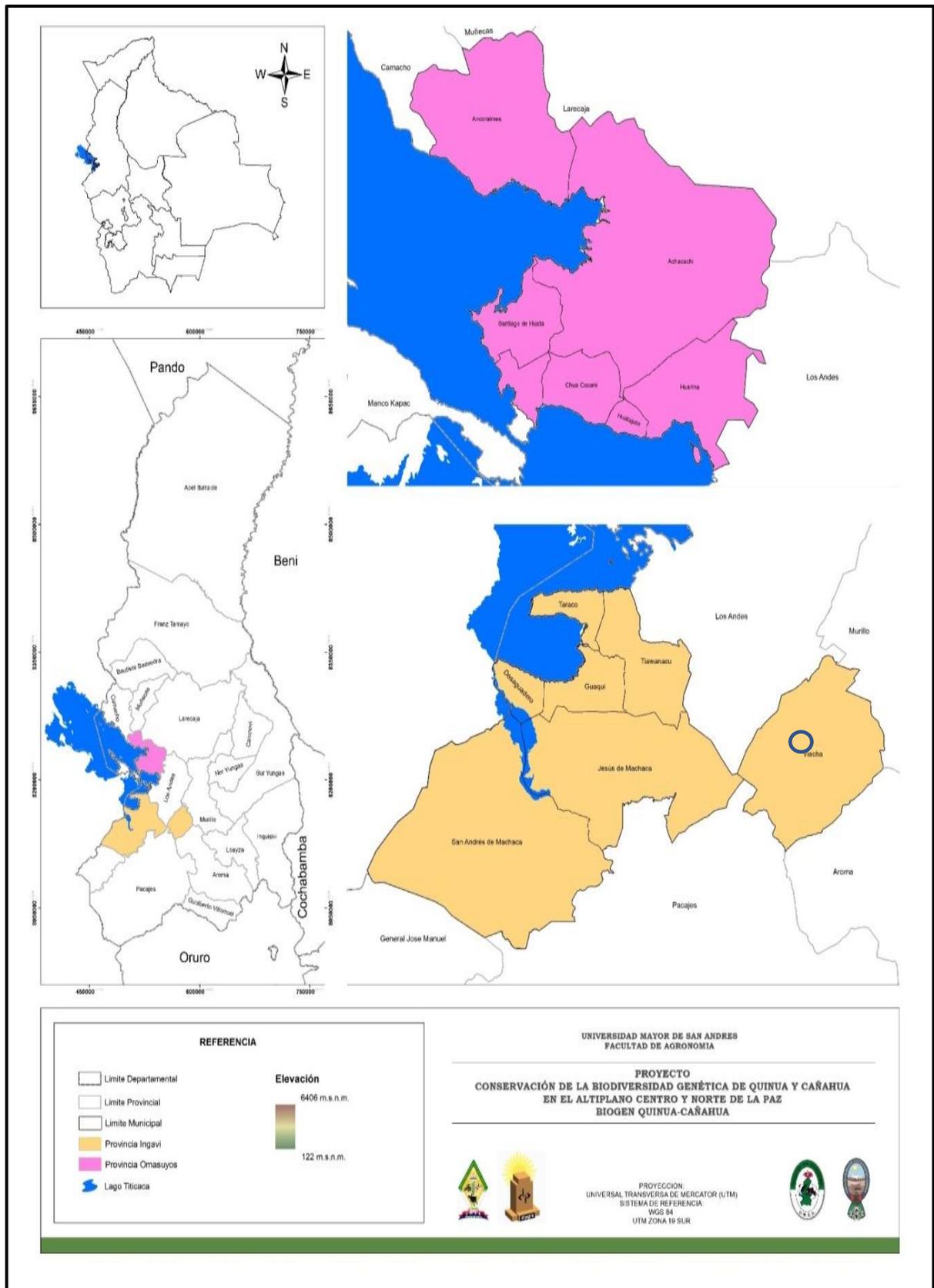


Figura 1. Localización geográfica del experimento, Fuente;DIPGIS (2016).

### **3.1.3 Temperatura y Precipitación**

La Estación Experimental de Choquenaira, presenta una corta estación lluviosa en verano y con tormentas de granizos de diciembre a febrero, la precipitación media anual es de 619 mm, de esta el 60% corresponde a los meses de diciembre a marzo y el 40% de abril a noviembre, temperatura mínima promedio es de 3,4 °C y la máxima promedio es de 15,6 °C, la humedad relativa media anual fue de 57,8 %.

### **3.1.4 Características Agroecológicas**

#### **3.1.4.1 Zona Agroecológica**

De acuerdo a la Revista en Imágenes de la Estación Experimental Choquenaira. y la clasificación de Holdridge (2011), basado en zonas de vida el Altiplano Norte, la zona de estudio se clasifica como estepa Montaña templado frío e identifica dos paisajes fisiográficos; las serranías con una topografía abrupta con pendientes empinada, valles estrechos en forma de "V" y ríos intermitentes; y la planicie, con ondulaciones y causes poco profundos.

#### **3.1.4.2 Clima**

Los principales parámetros climáticos de la zona son extraídos de la estación climática ubicada en la Estación de Choquenaira, donde presentan bajas temperaturas durante las noches alcanzando temperaturas extremas de -5 °C y máximas durante el día de 23°C por la intensa radiación solar, a esto se suma una corta estación lluviosa en el verano principalmente y con tormentas de granizo de diciembre a febrero, (revista de imágenes 2012).

## **3.2 MATERIALES**

### **3.2.1 Material genético**

Se utilizaron 390 gramos de semillas cosechadas de las colectadas del Altiplano Norte y Centro de La Paz estableciendo la siembra en la Estación Experimental de Choquenaira, que forman parte del Banco de Germoplasma del proyecto Granos Andinos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.

### **3.2.2 Materiales de Campo y Herramientas**

- na Cámara fotográfica
- Una Calculadora
- Una Cinta métrica de 5 m
- Una Regla de 30 cm
- 345 Marbetes
- 20 Yutes
- Dos Hoces.
- Bolsas plásticas

### **3.2.3 Materiales de escritorio**

- Un Equipo de computación
- Hojas de cálculo Excel
- Bolígrafos
- Cuaderno de campo
- hojas de papel boom

### **3.2.4 Materiales de Laboratorio Una Balanza analítica**

- Un Vernier
- 30 Descriptores de cañahua
- cuatro Tabla de colores de Munsell
- Una Cámara fotográfica

## **3.3 Procedimiento experimental**

### **3.3.1 Preparación del terreno**

Se preparó el terreno con anterioridad a la siembra, el roturado de las parcelas y la siembra se realizó en el mes de noviembre, para ello se hizo uso de una yunta.

### **3.3.2 Siembra**

La siembra se realizó en la campaña agrícola 2015-2016 en forma tradicional utilizando una sembradora mecánica. Cada accesión se sembró en diferentes parcelas a una distancia entre surcos de 40 cm a chorro continuo.

### **3.3.3 Labores culturales**

**Deshierbe.** Entre las labores culturales durante el ciclo vegetativo, se realizó un deshierbe después de la siembra, que consiste en la eliminación de malezas como cebadilla, crespillo y pasto. La eliminación de estas malezas se realizó para evitar la competencia por nutrientes y humedad del suelo. Es uno de los factores más importantes que ayudan al incremento de los rendimientos.

**Purificación.** Una vez que las plantas alcanzaron la madurez fisiológica, se efectuó la purificación a partir de los 110 días después de la siembra, eliminando plantas atípicas que no son similares al resto de la parcela. Las purificaciones se realizaron constantemente hasta días antes de la cosecha en cada accesión.

**Cosecha.** La cosecha se realizó entre 130 a 145 días después de la siembra, antes de que los granos completen el secado con la finalidad de evitar que las semillas se derramen, en primer lugar se cosecho 15 plantas marbeteadas de cada accesión. Para la toma de datos se procedió a cosechar toda la parcela, el segado de las plantas de cañahua se realizó con la ayuda de una hoz, luego se juntó en parvas para el respectivo secado

### **3.3.4 Trilla**

El secado tomo un periodo de 14 a 15 días, luego se realizó la trilla manual en todas las parcelas con golpes sobre una lona para separar los granos de la broza. Los granos así separados se pasaron por una zaranda y al mismo tiempo se realizó el venteo para dejar los granos limpios separados de la broza.

Se evaluó las características y valores agronómicos realizando las mediciones morfológicas de las plantas en la madurez y cosecha de las diferentes accesiones.

## **3.4 Evaluación del Cultivo**

Se caracterizó cada accesión de cañahua durante el proceso de cosecha, se identificó 15 muestras por cada accesión.

Respecto al grano, se tomó tres accesiones relevantes en la producción con lo cual se realizó un análisis del contenido de hierro (Fe) y proteína para analizar el valor nutricional.

### **3.4.1 Variables**

**a) Variables de Estructura de Planta.** Estas variables se evaluaron en las plantas seleccionadas, al momento de la cosecha en la etapa de madurez fisiológica y son:

**Altura de planta (AP).** Esta variable se registró en centímetros con un flexómetro, midiendo desde el cuello de la raíz hasta la altura máxima alcanzada. **Cobertura foliar (CF).** Se midió en centímetros transversalmente de un extremo a otro de las ramas de las plantas, cuando las plantas alcanzaron la fase de madurez fisiológica (media en 15 plantas).

**Diámetro de tallo (DT).** El diámetro del tallo principal de las plantas se registró en milímetros, con la ayuda de un vernier, en la parte media del tercio inferior de las plantas, cuando las plantas alcanzaron la fase de madurez fisiológica (medida en 15 plantas).

**Número de ramificaciones en el tallo principal.** 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 (medida en 15 plantas).

**Número de hojas presentes en el tallo principal hasta la inflorescencia.** La cantidad de hojas presentes en el tallo principal se realizó contando el número de ramas desde la base hasta la inflorescencia de las plantas durante la fase de madurez fisiológica de las plantas (medida en 15 plantas)

**Número de ramificaciones en el tetra ramial.** Esta característica se registró, eligiendo una de las ramas principales y contando las ramificaciones presentes desde la base hasta el segundo tercio de la ramificación realizada durante la fase de madurez fisiológica de las plantas (medida en 15 plantas)

**Diámetro de tetra ramial en la cuarta rama.** El diámetro del tetra ramial de las plantas se registró en milímetros, con la ayuda de un vernier, en la parte media del tercio inferior de una ramificación principal, cuando las plantas alcanzaron la fase de madurez fisiológica (medida de 15 plantas).

**Rendimiento de la broza.** El trabajo consistió en pesar (g) las 15 plantas seleccionadas en una balanza analítica para posteriormente realizar la trilla y el venteo del grano.

**Índice de cosecha.** 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), y el peso del grano de las plantas. Para el cálculo del índice de cosecha (%) se utilizó la siguiente fórmula (Mamani, 1994).

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

Dónde: PG = Peso de grano.

PB = Peso de broza.

**Hábito de crecimiento (HC).** La cañahua presenta tres hábitos de crecimiento, en las accesiones estudiadas se observaron los tres hábitos.

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

Esta variable se caracterizó de acuerdo a la siguiente codificación:

- Saihua.
- Lasta.
- Pampalasta.

**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:

- Presente.
- Ausente.

**Color de estrías (CE).** Se registró ésta característica utilizando el descriptor de cañahua. Trabajo que consistió la observación de las ramas primarias y secundarias de las plantas y considerando la siguiente codificación:

- Verde.
- Verde Amarillo.
- Amarillo.
- Rojo Amarillo.
- Rojo.

**b) Variables del grano.** Diámetro de grano sin perigonio (DGP). Esta variable se midió con un vernier digital en milímetros, en los 20 granos seleccionados al azar por cada accesión.

**Color del perigonio.** El color de perigonio se registró en laboratorio, poniendo el perigonio en la tabla de colores Munsell, hasta encontrar un color igual, los colores que se registraron se codificaron de la siguiente manera:

- Crema suave
- Crema oscuro
- Pajizo
- Canela
- Rosado claro
- Anaranjado
- Café claro
- Café oscuro
- Café rojizo
- Púrpura

- Gris

**Peso de 1000 granos.** Contando de forma manual y con una balanza de precisión con capacidad menor a 500 g x 0,001 g, se pudo tener el peso de 1000 semillas en gramos de cada accesión.

**Peso hectolítrico del grano [g/cm<sup>3</sup>].** El peso hectolitrico es el peso de la semilla en un volumen conocido, para esto se utilizó una probeta a la que se le colocaron 20 mL de semilla de cañahua de las treinta y cuatro accesiones, posteriormente se vació la semilla en cajas Petri donde se registró el peso de los 20 ml en una balanza electrónica con capacidad de 600 gr x 0,1g, este peso fue dividido entre 10 obteniéndose de esta manera el peso hectolítrico en gramos sobre mililitros.

**Rendimiento de grano por planta (RGP)[g/planta].** 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.

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

**Color de tallo (CTA).** La coloración del tallo varía según la coloración del follaje, para registrar esta variable se utilizó la tabla de colores Munsell colocando una parte del tallo en la tabla Munsell hasta encontrar un color igual al del tallo, la codificación para esta variable fue:

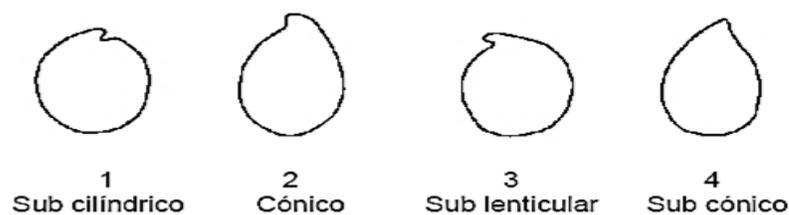
- Amarillo claro
- Verde amarillento
- Crema oscuro
- Rosado oscuro
- Dorado
- Anaranjado
- Rojo

- Café claro
- Café oscuro
- Café rojizo
- Púrpura pálido

**Color de perigonio (CP).** El color de perigonio se registró en laboratorio, poniendo el perigonio en la tabla de colores Munsell, hasta encontrar un color igual, los colores que se registraron se codificaron de la siguiente manera:

- Crema suave
- Crema oscuro
- Pajizo
- Canela
- Rosado claro
- Anaranjado
- Café claro
- Café oscuro
- Café rojizo
- Púrpura
- Gris

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



**Figura 2.** Forma de grano

**Borde de grano (BGR).** Para esta variable se observó la semilla con la ayuda de un estereoscopio, se codificó de la siguiente manera:

- Afilado
- Redondeado

**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).

- Amarillo Claro.
- Crema Suave.
- Crema Oscura.
- Pajizo.
- Rosado Claro.
- Rosado
- Anaranjado.
- Café Rojizo.

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

- Crema Suave.
- Pajizo.
- Anaranjado.
- Café Claro.
- Café Rojizo.

### **3.5 Análisis estadístico**

De las 39 accesiones sembradas se caracterizaron y evaluaron 36 accesiones, debido a que una accesión no emergió y 2 accesiones no presentaban la cantidad de plantas suficientes para caracterizar y se procedió a diferenciar el comportamiento de las variables de cañahua respecto a cada descriptor, el mismo presenta los siguientes pasos: a) Análisis estadístico descriptivo; b) Análisis de factores mediante componentes principales; c) Análisis de conglomerados; d) Análisis descriptivo de las variables cualitativas que caracterizan a los conglomerados.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Los resultados se basan en el análisis de 36 accesiones de cañahua, 18 variables cuantitativas y 10 variables cualitativas, las mismas fueron a partir de la estructura de una Matriz Básica de Datos y se procedió el análisis estadístico en el programa InfoStad/L.

### **4.1 Variables cuantitativas**

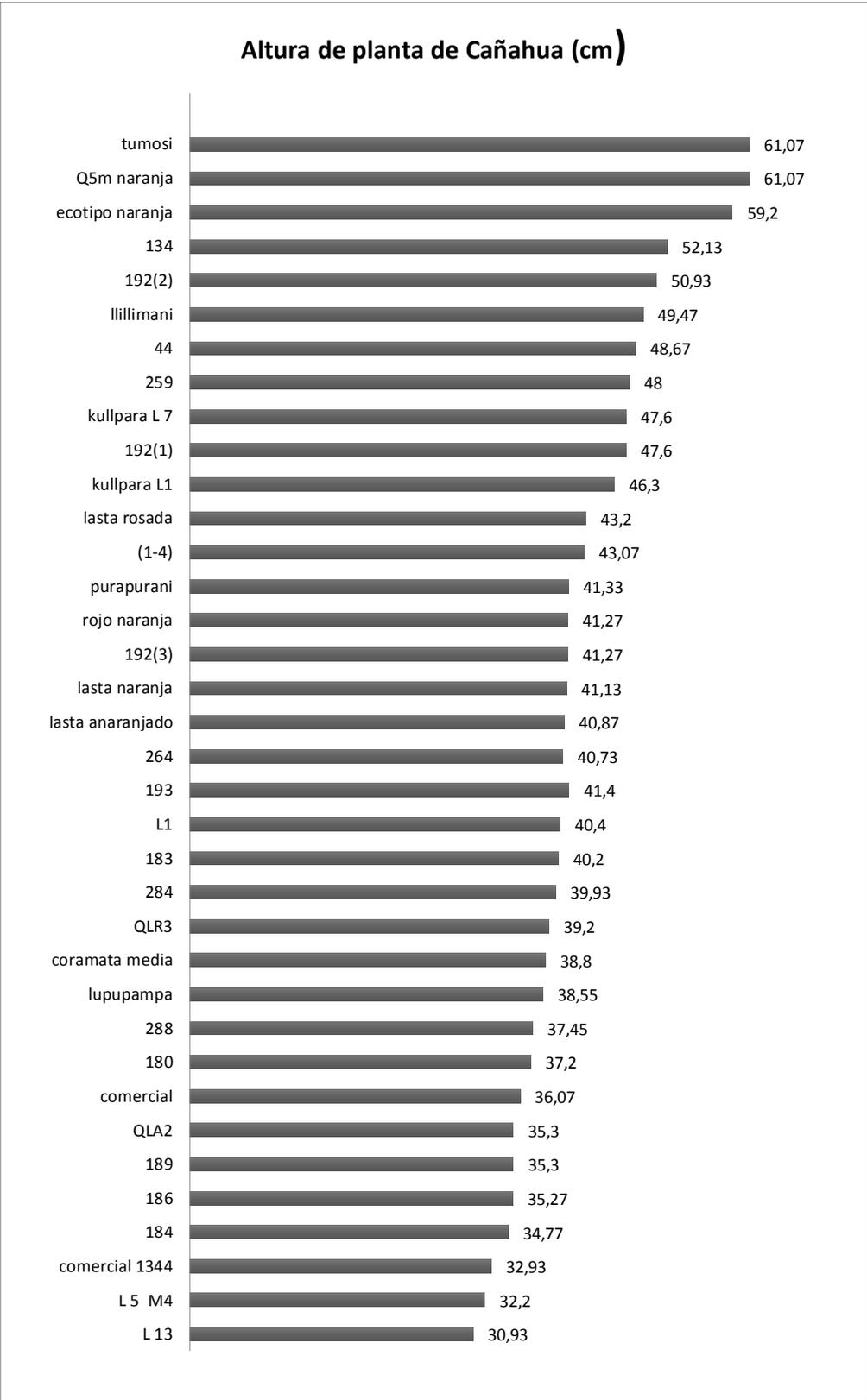
Para el análisis e interpretación de los resultados de las variables cuantitativas se evaluaron en 36 accesiones, debido que no germinaron tres accesiones, a causas de un prolongado almacenamiento de la semilla, por lo cual hubo un bajo porcentaje de germinación y no se logró obtener esa accesión.

#### **4.1.1 Altura de planta (AP)**

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

Se observó que una de las accesiones llego a tener la mayor altura de planta siendo esta la q5m naranja con 61,07cm, observándose en segundo lugar la accesión eco tipo naranja con 59.2 cm, siendo la accesión L13 la que registro menor altura 30,93 cm.

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 planta 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 las condiciones genóticas y fenotípicas de cada accesión ya que todos estos materiales genéticos se encuentran afectados por factores climáticos de la zona durante su desarrollo vegetativo.



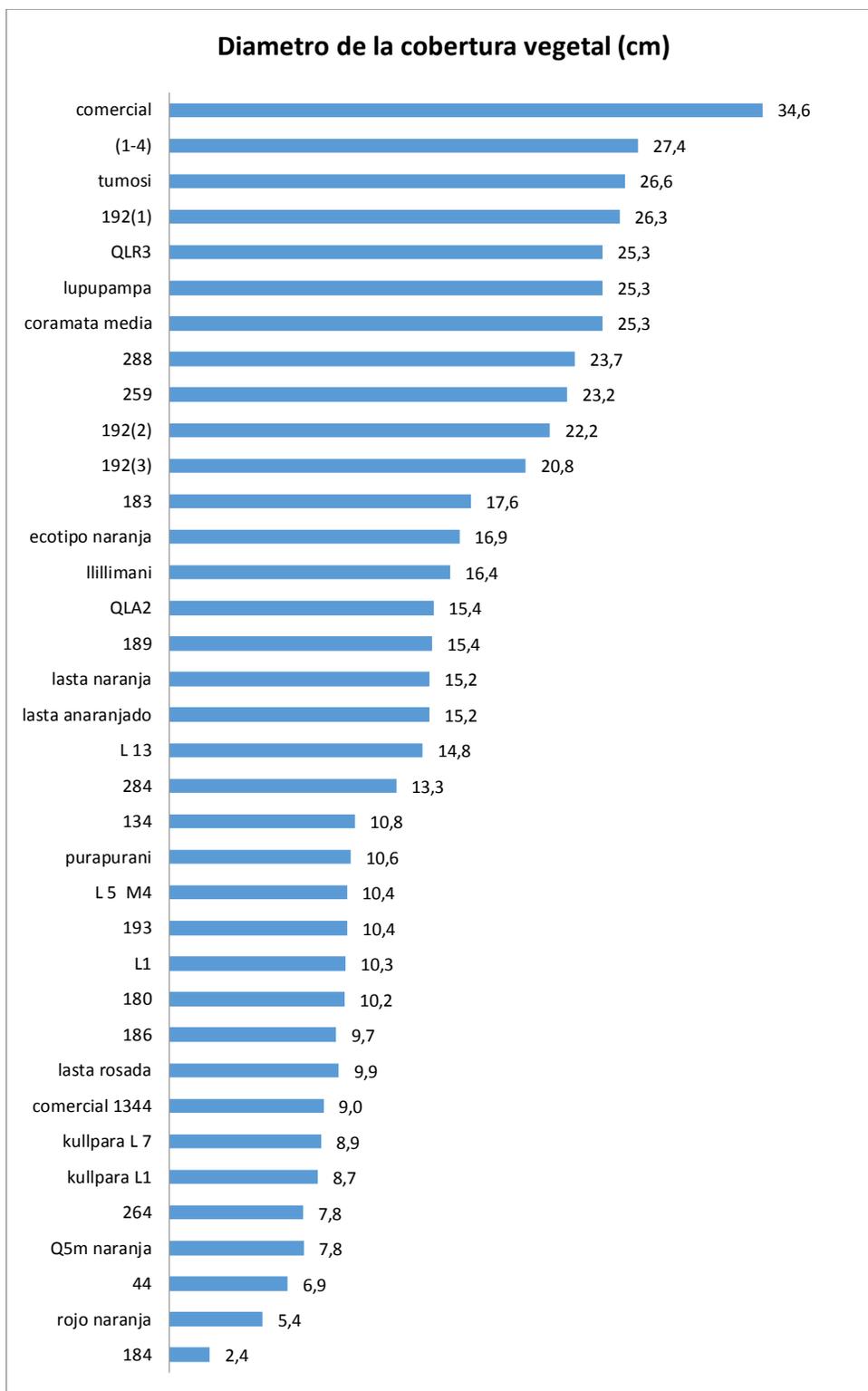
**Figura 3.** Altura de planta de Cañahua

#### **4.1.2 Diámetro de la Cobertura foliar (DCF).**

La cobertura vegetal se observó que tenían mucha variación de acuerdo a las accesiones con distintos hábitos de crecimiento. En la figura 4, se observa los distintos diámetros de cobertura vegetal teniendo como mínimo 2,37 cm y un máximo de 34,64cm.

La accesión con mayor cobertura foliar fue la comercial con 34,6 cm, también se presentó las accesiones 1-4 con 27,4 cm y la tumosi con 26,6. Estas diferencias probablemente se deban a sus condiciones genéticas que caracterizan a los diferentes hábitos de crecimiento que presentan el conjunto de plantas de cañahua, la accesión 184 presento un diámetro de cobertura vegetal de 2,4 cm.

Los resultados reportan rangos de variación de 2.10 cm para accesiones de hábito decrecimiento saihua y 39.10 cm para accesiones con hábito de crecimiento lasta mientras, el promedio fue de 20.08 cm  $\pm$  8.51 cm entre lastas y saihuas (Arteaga, 1996).



**Figura 4.** Diámetro de la cobertura vegetal de Cañahua

### **4.1.3 Número de Ramificaciones por Planta**

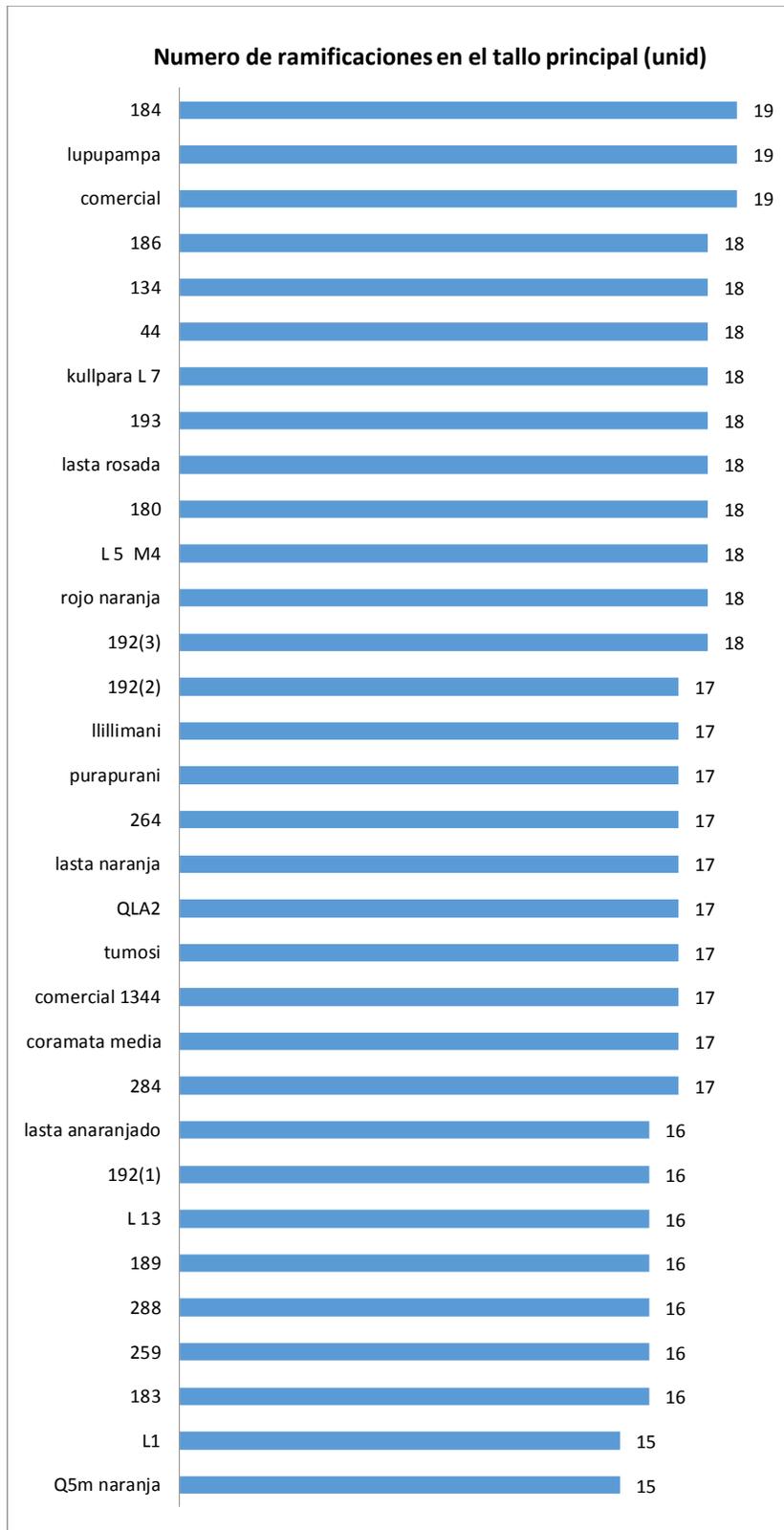
El número de ramificaciones en el tallo principal se encuentra directamente influenciada por el hábito de crecimiento. Las plantas con hábito de crecimiento lasta presentan mayor número de ramas primarias, mientras, plantas con hábito de crecimiento saihua presentan menor número de ramas primarias.

El mínimo de ramas primarias observado en el tallo fue de 15 ramificaciones por planta presente en las accesiones L1 y Q5m naranja y un máximo de 19 ramificaciones por planta presentado en las accesiones 184, lupupampa y comercial.

Copeticona (2000), reportó cultivares de cañahua con 4 a 5 ramas para cultivares con menor número de ramas primarias, mientras, cultivares con mayor número de ramas primarias presentan entre 5 a 7 ramas. A su vez, Benito (1995), reporta número de ramas primarias que oscilan entre 5 a 8 y Miranda et al, (1979), indica que el número de ramas por planta varía entre 5 a 10.

Las ramas primarias son cuatro ramas basales que se denomina tetra rameal decusada y corimboide que caracteriza a las plantas de cañahua (qañawa); las terciarias son poco robustas y en número variable de 8 a 30, de acuerdo al desarrollo en cada zona agroecológica con mayor número de antohipsofilas (Cultivo de Cañahua, 2016).

Ramas secundarias. (Laterales) las ramas son delgadas en su mayoría desarrolladas paralelas al tallo principal, curvicaules, alternas que llevan las antohipsofilas conteniendo a la inflorescencia, donde las ramas terciarias son poco robustas con número variable de 10 a 20 (Cultivo de Cañahua, 2016).

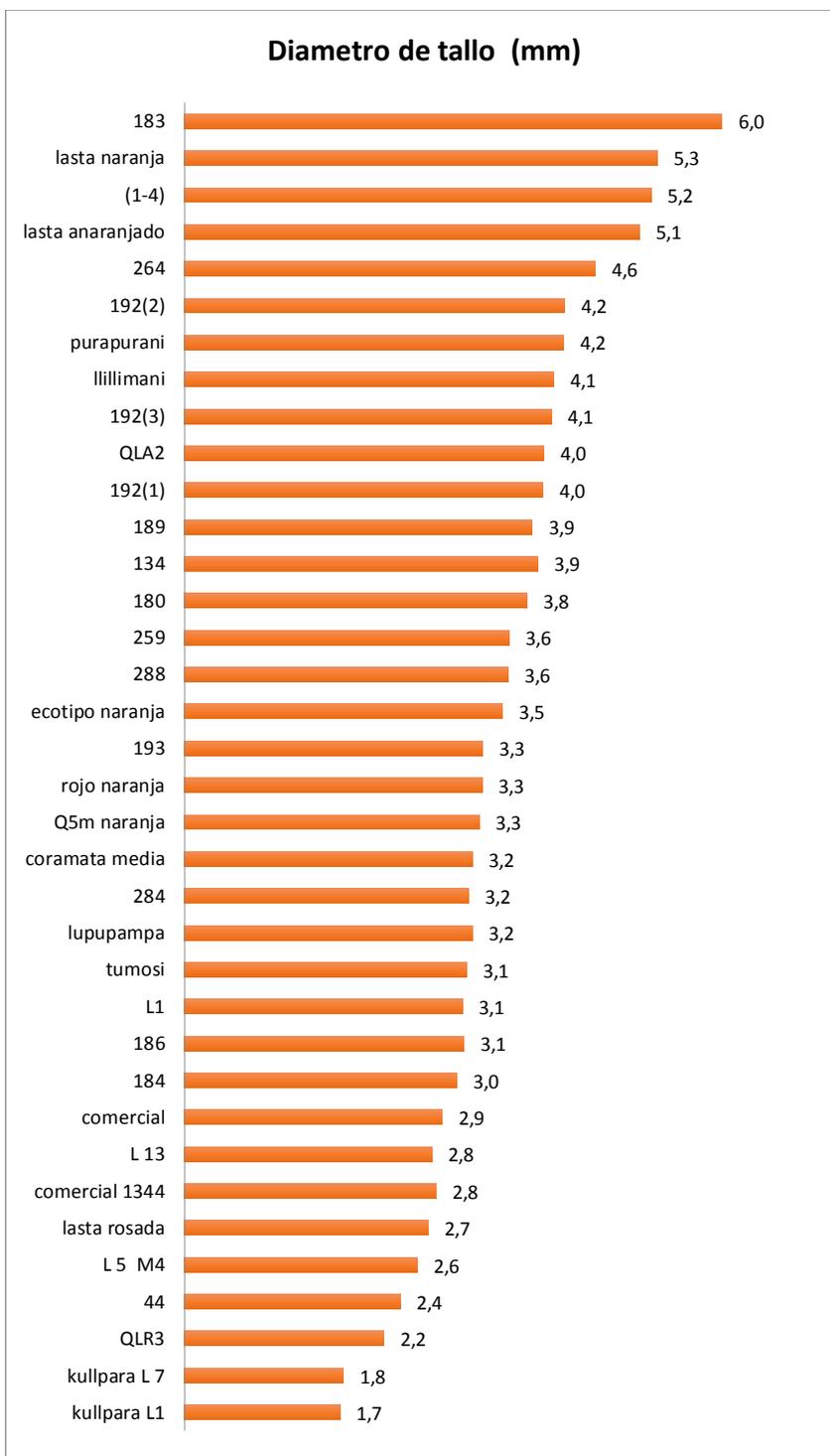


**Figura 5.** Numero de ramificaciones en el tallo principal

#### **4.1.4 Diámetro de Tallo Principal (DTP)**

Esta variable registró un mínimo de 1,73 mm y un máximo de 5,98 mm que representa un alto grado de variabilidad para ésta característica así mismo, el rango de variación fluctúa entre 1,73 mm para tallos con diámetros delgados mientras, para tallos gruesos el diámetro fue de 5.98mm Sin embargo, la mayor parte de las accesiones que presenta ésta característica se encuentran muy cercanas al promedio a su vez se presentó un coeficiente de variación de 26,76%.

Los tallos con diámetros delgados 1,73 mm se presentan en las accesiones kullpara L1, kullpara L7; por el contrario los tallos con diámetros gruesos 5,98 mm corresponden a las accesiones 183, 1-4, lasta naranja, lasta anaranjado, éste desarrollo es trascendente en el diámetro de tallo y está sujeta a sus características genéticas. Marín (2002), reportó valores de 2.1 mm de diámetro del tallo de cañahua en el altiplano norte de Bolivia.



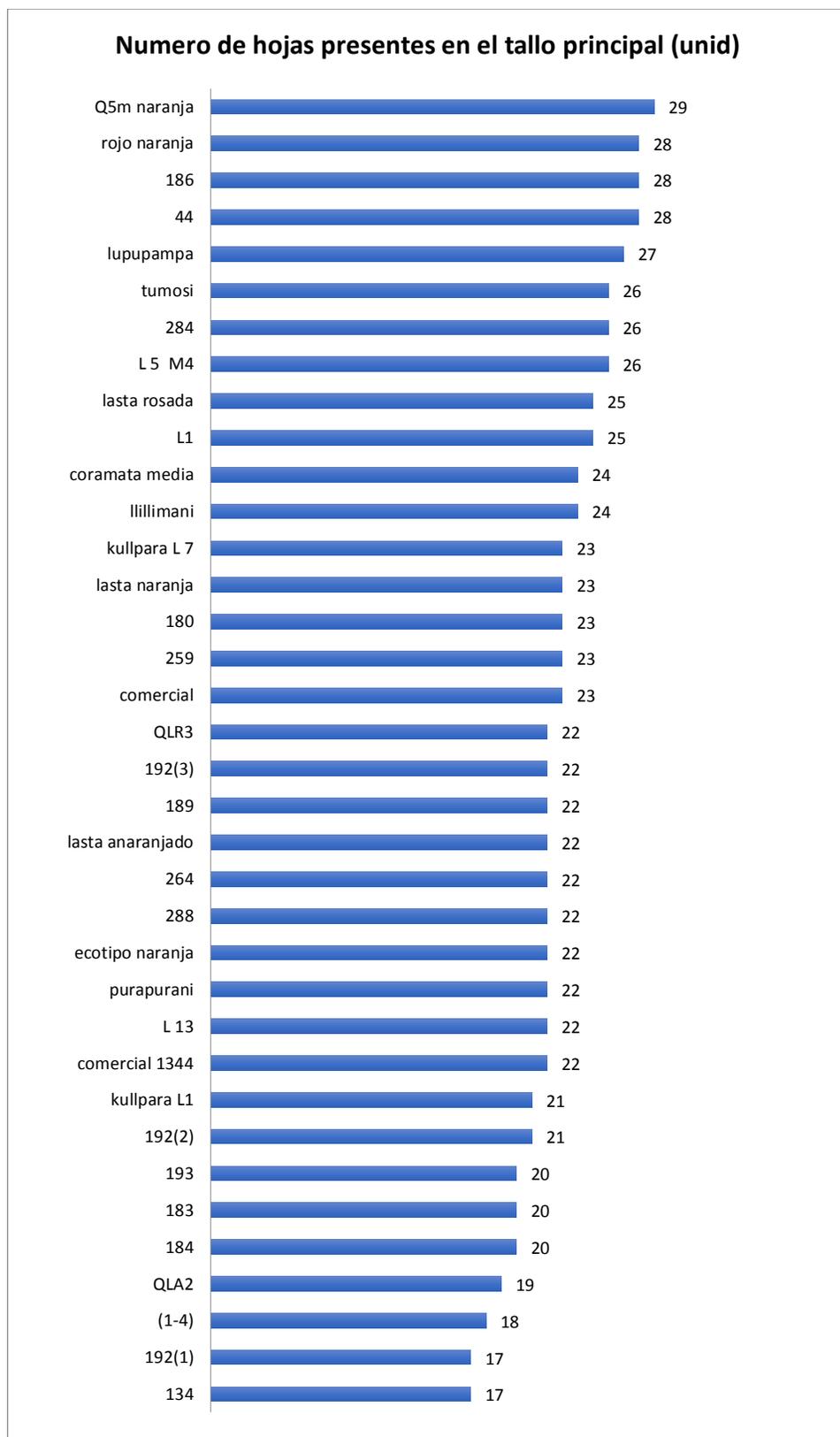
**Figura 6.** Diámetro de tallo principal

#### **4.1.5 Numero de Hojas Presentes en el Tallo Principal**

Esta variable de numero de hojas en el tallo principal se encuentra influenciada por el hábito de crecimiento ya que las accesiones con hábito de crecimiento lasta presentan mayor número de hojas, mientras las accesiones con hábito de crecimiento saihoa presentan menor número de hojas.

El número de hojas presentes en el tallo principal tuvo como mínimo de 17 hojas por planta, una media de 22 hojas por planta y un máximo de 29 hojas por planta presentándose un coeficiente de variación de 13,64%.

Se presentó ocho accesiones con 18 hojas presentes en el tallo principal con un porcentaje de 21,1 otras ocho accesiones con 17 hojas presentes en el tallo principal 21,1%, así mismo 4 accesiones con 16 hojas presentes con 10,5%, las demás accesiones presentaron mayor cantidad de hojas y con 1 o 2 accesiones.



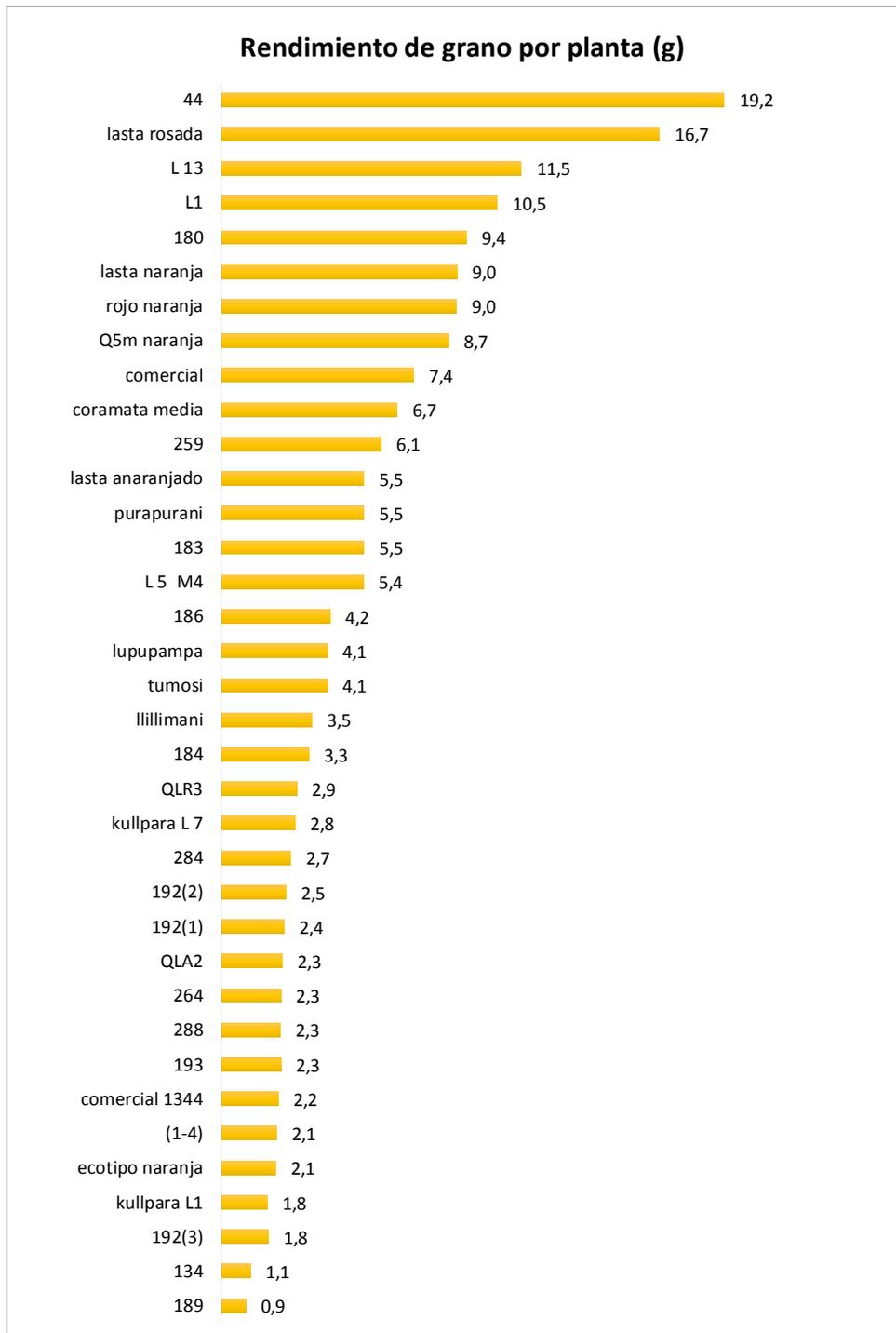
**Figura 7.** Numero de hojas presentes en el tallo principal

#### **4.1.6 Rendimiento de Grano por Planta (RGP)**

El rendimiento de grano por planta alcanzó un máximo de 19,2 g el cual indica que existe un grado de variabilidad entre todas las variables analizadas tomando en cuenta los tres hábitos de crecimiento. El mínimo presentado fue de 0,93 g para las accesiones con menor rendimiento de grano por planta mientras.

Las accesiones con rendimientos en grano bajos (0,93 g) están conformadas por las accesiones (183) mientras, las accesiones que registraron mayores rendimientos de grano por planta (19,20 gr) corresponden a las accesiones (259) 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 g.



**Figura 8.** Rendimiento de grano por planta

## **4.2 Variables Cualitativas**

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

### **4.2.1 Hábito de Crecimiento (HC)**

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

El Cuadro 1, muestra la variación para el hábito de crecimiento, se reporta como resultado que de las 36 accesiones evaluadas 11 accesiones corresponden al hábito de crecimiento saihua, que representa el 30,6% del total de las accesiones, mientras, 24 accesiones son de hábito de crecimiento lasta con un 66,7%, así mismo, una accesión con hábito de crecimiento pampa lasta con un 2,8%, 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.

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

**Cuadro 1. Hábito de crecimiento de las acciones**

Habito de crecimiento	Accesión	Cantidad de Accesión	Porcentaje (%)
Saihua	184, 284, 134, L1, lasta rosada, comercial 1344, kullpara L7, 44, L5M4, rojo naranja, kullpara L1	<b>11</b>	<b>30,6</b>
Lasta	180, 186, 183, 264, 259, 288, comercial, 193, purapurani, (1-4), lasta anaranjado, lasta naranja, 192(2), 192(3), L13, tumosi, QLA2, Q5m naranja, ecotipo naranja, lillimani, coramata media, lupupampa, 189, QLR3	<b>24</b>	<b>66,7</b>
Pampalasta	192(1)	<b>1</b>	<b>2,8</b>

#### 4.2.2 Color de Estrías (ce)

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

Los resultados obtenidos se presenta en él (Cuadro 14) se puede observar que existe una amplia variación de tonos de color en estrías presentes en las 36 accesiones, 10 accesiones pertenecen a la escala 1, llegando a presentar estados de color amarillo y representa el 27,8% del total de la población, también se observa un grupo de 15 accesiones (41,7%) con escala de valor 5 que tiene el color verde mientras, grupos de 1,4 y 6 accesiones presentan el color anaranjado, purpura y rosado respectivamente.

**Cuadro 2.** Descripción del color de estrías (CE)

<b>Color de estrías</b>	<b>Accesión</b>	<b>Cantidad de Accesión</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Amarillo	184, 259, 284, 288, purapurani, 192(2), L13, comercial 1344, lupupampa, kullpara L1, QLR3	<b>11</b>	<b>27,8</b>
Verde	180, 186, 264, 192(1), 192(3), tumosi, QLA2, Q5m naranja, ecotipo naranja, kullpara L7, lillimani, coramata media, L5M4, 189	<b>14</b>	<b>41,7</b>
Rosado	183, comercial, (1-4), 134, L1, lasta rosada,	<b>6</b>	<b>16,7</b>
Purpura	193, lasta anaranjado, lasta naranja, 44	<b>4</b>	<b>11,1</b>
Anaranjado	rojo naranja	<b>1</b>	<b>2,7</b>

#### **4.2.3 Color de Tallo a la Madurez Fisiológica (CT)**

De acuerdo a la información registrada 19,4% de las accesiones presentan estados de color anaranjado en el tallo durante la madurez fisiológica, porcentaje que equivale a siete accesiones, también se observa un grupo de cinco accesiones presentan colores de tallos verde oscuro que representa 13,9% de la población, así mismo, cuatro accesiones con el color verde amarillento, otras 4 accesiones presentaron el color amarillo con un 11,1% y los grupos conformados por 1,2 y 3 accesiones presentan estado de color amarillo claro, café amarillento, café claro, café, rojizo, purpura, pálido,

rojo y verde agua y verde claro corresponden a los porcentajes más bajos de la población con 8, 3, 5, 9 y 2,8 %, respectivamente.

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.

**Cuadro 3.** Descripción del color del tallo a la madurez fisiológica

Color de estrías	Accesión	Numero de accesiones	Porcentaje (%)
Amarillo	184, 186, tumosi, 44	4	11,1
Amarillo Claro	180, (1-4)	2	5,6
Verde Amarillento	192(2), 192(3), kullpara L1, QLR3	4	11,1
Verde Claro	purapurani, 192(1), L1, L13	4	11,1
Verde Oscuro	QLA2, coramata media, L5M4, lupupampa, 189	5	13,9
Café Rojizo	264, comercial, 134	3	8,3
Café Amarillento	llillimani	1	2,8
Café Claro	284	1	2,8
Anaranjado	183, 259, 288, Q5m naranja, ecotipo naranja, rojo naranja	6	16,7
Purpura Palido	193, lasta anaranjado, lasta naranja	3	8,3
Rojo	lasta rosada, comercial 1344, kullpara L7	3	8,3

#### 4.2.4 Color de la cobertura vegetal (CP)

En el Cuadro 4, 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 36 accesiones en la madurez fisiológica.

Según la información registrada seis accesiones presentan colores de planta amarillo que equivale a 16,7% del total de la población, seis accesiones sondeó color verde agua que corresponde al 16,7% de las accesiones, seis accesiones con presencia del color verde oscuro, también cinco accesiones presentaron el color verde amarillento. Grupos formados por 4, 2 y 1 accesiones que presentan tonos de color café amarillento, café claro, café oscuro, anaranjado, morado y rosado.

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 cinco colores siendo éstos: Rosado, rojo, amarillo, anaranjado y morado. Así mismo Arteaga (1996), al caracterizar accesiones de germoplasma de cañahua en el Altiplano Central, registró colores en la planta que varían desde verde, amarillo, rojo, rosado, morado, anaranjado hasta guindo.

**Cuadro 4. Color de la cobertura vegetal**

Color de Cobertura vegetal	Accesión	Numero de accesiones	Porcentaje (%)
Verde claro	184	1	2,8
Verde agua	180,192(1), lasta rosada, ecotipo naranja, coramata media, lupupampa,	6	16,7
Verde oscuro	186, 264, QLA2, Ilillimani	4	11,1
Verde amarillento	183, 193, purapurani, tumosi,189	5	13,9
Rosado	134	1	2,8
Café oscuro	(1-4), 192(3)	2	5,6
Café amarillento	284, 288, lasta anaranjado, lasta naranja, kullpara L7, 44	6	16,7
Café claro	192(2), L1, L13, QLR3	4	11,1
anaranjado	259, comercial 1344	2	5,6
Morado	Comercial	1	2,8
Amarillo	Q5m naranja, L5M4, rojo naranja, kullpara L1	4	11,1

#### 4.2.5 Color del Pericarpio (CP)

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 el cuadro de colores para vegetales basado en munsell se identificaron cinco tonos o estados de color de pericarpio (Cuadro 5).

Se puede observar en el Cuadro 5 , que existe una amplia variación de tonos de color en el pericarpio presente en las 36 accesiones, 13 accesiones (36,1%) presentaron un color gris, también se observa un grupo de seis accesiones (16,7%) con un tono café oscuro; también otro grupo formado por cinco accesiones (13,9%) café amarillento; a su vez un grupo de cuatro accesiones (11,1%) con el color amarillo y otros grupos formado por una o dos accesiones que presentan el color amarillo claro, anaranjado, café claro, rojo, verde agua.

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. Calle (1980), reportó ecotipos de cañahua con presencia de colores que varían desde un ceniciento hasta un pardo oscuro con tendencias al color de la planta.

**Cuadro 5.** Descripción de la variable color del pericarpio

Color de pericarpio	Accesión	Numero de accesiones	Porcentaje (%)
Café claro	184	1	2,8
Café amarillento	180, Comercial, kullpara L1,	3	8,3
Café oscuro	186, 183, 259, tumosi, ecotipo naranja, kullpara L7, lupupampa,	7	19,4
Café claro	264	1	2,8
Rojo	284	1	2,8
anaranjado	288, (1-4)	2	5,6
Gris	193, purapurani, lasta anaranjado, lasta naranja, 134, 192(1), 192(2), 192(3), llillimani, coramata media, L5M4, QLR3	12	33,3
Amarillo	L1, lasta rosada, 44, rojo naranja	4	11,1
Amarillo claro	L13, QLA2, Q5m naranja, comercial 1344	4	11,1
Verde agua	189	1	2,8

#### 4.2.6 Color de grano (CG)

El grano es el fruto de la cañahua, en el registro de datos sobre sale la predominancia del color café amarillento en dos variedades de alto rendimiento como son las accesiones 183 y L13, de manera contraria la accesión 259 con una tonalidad de color café claro, de las demás accesiones se puede mostrar que el color menos predominante es el rosado claro.

El fruto es un aquenio más pequeño que el de la quinua y está cubierto por el perigonio de color generalmente gris. El pericarpio es muy fino y traslúcido. 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 (Paredes, 1963).

**Cuadro 6.** Descripción de la variable color del pericarpio

Numero	Accesion	Color de grano
1	184	rosado claro
2	180	café claro
3	186	café amarillento
4	183	café amarillento
5	264	café claro
6	259	café claro
7	284	café claro
8	288	café amarillento
9	comercial	negro
10	193	café amarillento
11	purapurani	café claro
12	(1-4)	café amarillento
13	lasta anaranjado	café amarillento
14	lasta naranja	café amarillento
15	134	café oscuro
16	192(1)	café amarillento
17	192(2)	café amarillento
18	192(3)	café amarillento
19	L1	café amarillento
20	lasta rosada	café amarillento
21	L 13	café amarillento
22	tumosi	café amarillento
23	QLA2	café amarillento
24	Q5m naranja	café claro
25	ecotipo naranja	café oscuro
26	comercial 1344	café amarillento
27	kullpara L 7	café claro
28	44	rosado claro
29	lillimani	café amarillento
30	coramata media	café oscuro
31	L 5 M4	café amarillento
32	rojo naranja	café amarillento
33	lupupampa	café oscuro
34	kullpara L1	café claro
35	189	café oscuro
36	QLR3	café oscuro

### 4.3 Análisis Multivariado

#### 4.3.1 Análisis de correlación

Con el propósito de determinar los patrones de variación 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 7, 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 correlaciona entre cada par de características y que presentan una asociación altamente significativa (Little y Hills, 1991).

**Cuadro 7. Matriz de proximidades**

	Correlación entre vectores de valores												
	RGP	AP	DT	NRTP	NHTP	DTT	NRTT	DCV	DG	P 1000	RML	PH	I C
<b>RGP</b>	1												
<b>AP</b>	-0,921	1											
<b>DT</b>	0,929	-1	1										
<b>NRTP</b>	0,952	-0,759	0,772	1									
<b>NHTP</b>	0,920	-1	1	0,756	1								
<b>DTT</b>	0,970	-0,988	0,991	0,85	0,987	1							
<b>NRTT</b>	0,974	-0,81	0,821	0,997	0,807	0,891	1						
<b>DCV</b>	0,934	-0,721	0,734	0,998	0,718	0,819	0,99	1					
<b>DG</b>	0,600	-0,864	0,854	0,327	0,866	0,775	0,404	0,273	1				
<b>P 1000</b>	-0,259	0,614	-0,598	0,048	-0,618	-0,485	-0,034	0,105	-0,928	1			
<b>RML</b>	-0,774	0,959	-0,954	-0,545	-0,961	-0,904	-0,612	-0,496	-0,971	0,811	1		
<b>PH</b>	-0,988	0,97	-0,974	-0,895	-0,968	-0,996	-0,929	-0,869	-0,714	0,402	0,861	1	
<b>I C</b>	0,923	-1	1	0,762	1	0,989	0,812	0,724	0,862	-0,611	-0,958	-0,97	1

Coefficiente de correlación al 5% de significancia. (0,330).

RGP = Rendimiento de grano por planta, AP= Altura de planta, DT= Diámetro de tallo, NRTP= Numero de ramificaciones del tallo principal, NHTP= Numero de hojas en el tallo principal, DTT= Diámetro del tetra ramial, NRTT= Numero de ramificaciones del tetra ramial, DCV= Diámetro de la cobertura vegetal, DG= Diámetro de grano, P 1000= Peso de 1000 semillas, RML= Rendimiento por metro lineal ,PH= Peso hectolitrico ,IC= Índice de cosecha.

De ellas sobresalieron las variables fenológicas relacionadas a las características agronómicas y morfológicas del grano. Entre las variables fenológicas, se puede observar que en una gran mayoría la correlación significativa, donde se destaca la asociación conformada por diámetro de la cobertura vegetal con el número de ramificaciones en el tallo principal ( $r = 0,998$ ) a mayor número de ramificaciones mayor diámetro de la cobertura vegetal.

#### **4.3.2 Rendimiento de Grano por Planta.**

El rendimiento de grano por planta se observó correlaciones muy significativas y se encuentra en forma positiva rendimiento de grano por planta con el número de ramificaciones del tallo principal ( $r=0,952$ ), número de ramificaciones en el tetra ramial ( $r=0,974$ ), el rendimiento de grano por planta con el diámetro de cobertura vegetal ( $r=0,934$ ) a mayor número de ramificaciones y diámetro de cobertura vegetal mayor es el rendimiento de grano por planta.

El rendimiento de grano por planta con el índice de cosecha se presentó la correlación positiva de ( $r=0,923$ ).

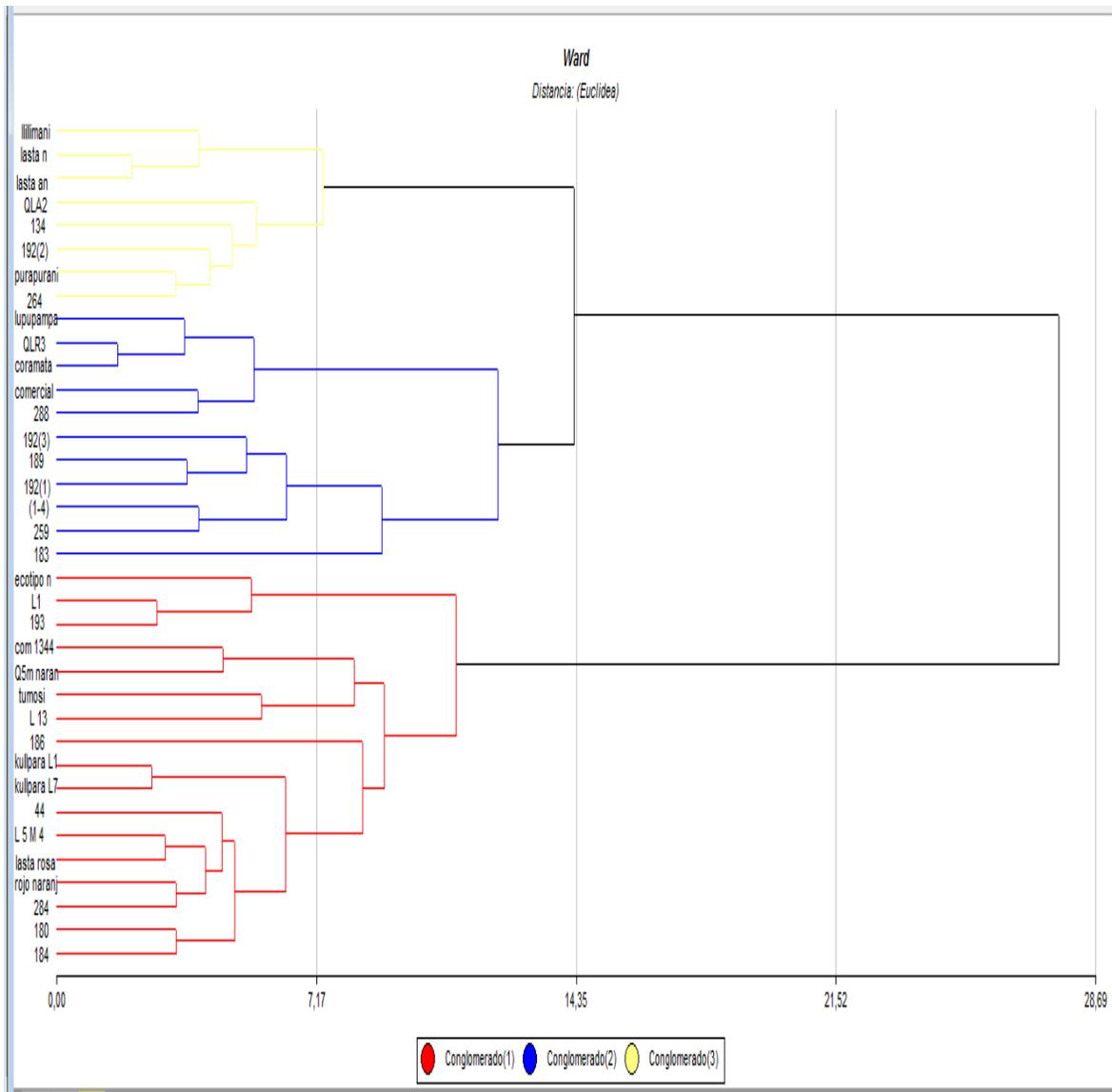
Calle (1980), reportó correlaciones para el número de ramas, altura de planta y cobertura foliar con valores de correlación  $r = 0,359$  y  $r = 0,443$ , respectivamente.

#### **4.3.3 Análisis de conglomerados**

Con el método de la distancia Euclidiana se procedió a realizar el análisis de aglomeración de las accesiones de cañahua, Donde la distancia entre dos conglomerados es la suma de los cuadrados entre dos conglomerados sumados para todas las variables así mismo, para minimizar las diferencias dentro de los conglomerados se muestra el dendrograma de las 36 accesiones, el cual muestra a partir de la línea de corte tres grupos claramente definidos, lo que permite inferir la presencia de tres grupos diferentes de cañahua.

Una vez identificados los grupos en estudio, y con el fin de diferenciar las características sobre salientes de cada una de las variables en cada grupo, se realizó la caracterización de grupo, el cual se basa en la descripción de las características de los grupos y de las características que difieren significativamente entre los grupos.

Tomando en cuenta la cantidad de accesiones se procedió a la identificación de cada uno de los grupos clasificados en las accesiones de cañahua.



**Figura 9.** Análisis de conglomerados

#### 4.3.4 Caracterización de grupos

Con el propósito de tener una perspectiva total de la variabilidad de las accesiones de cañahua, en el Cuadro 8 se muestra las características de los tres grupos identificados a través del análisis de conglomerados, con relación a las variables caracterizadas y evaluadas de cañahua.

**Cuadro 8. Caracterización del grupo 1**

conglomerado	Variables	n	media	D.E.	CV	Min	max
1	Altura de planta (cm)	17	43,1	9,7	22,6	30,9	61,1
1	Diámetro de tallo (mm)	17	2,9	0,6	19,2	1,7	3,8
1	Numero de ramificaciones en el tallo principal (unid)	17	16,5	1,6	9,6	13,0	18,0
1	Numero de hojas presentes en el tallo principal	17	20,8	2,0	9,4	17,0	23,0
1	Diámetro del tetra ramial (mm)	17	2,4	0,5	22,2	1,3	3,4
1	Numero ramificaciones en el tetra ramial	17	9,5	3,0	31,3	3,0	15,0
1	Diámetro cobertura vegetal (cm)	17	10,7	5,3	49,5	2,4	26,6
1	Rendimiento de grano por planta (g)	17	2,4	1,1	46,2	0,9	6,1
1	Diámetro de grano (mm)	17	0,9	0,0	4,8	0,9	1,0
1	Peso de 1000 semillas (g)	17	0,7	0,1	22,3	0,4	0,9
1	Rendimiento x metro lineal (g)	17	50,8	19,2	37,8	19,7	94,2
1	Peso hectolitrico gr/cm3	17	0,6	0,1	11,2	0,5	0,7
1	Índice de cosecha %	17	23,7	13,9	58,8	6,9	16,0

**Cuadro 9. Caracterización del grupo 2**

conglomerado	Variables	n	media	D.E.	CV	Min	max
2	Altura de planta (cm)	11	40,5	4,2	10,4	35,3	48,0
2	Diámetro de tallo (mm)	11	3,8	1,1	27,6	2,2	6,0
2	Numero de ramificaciones en el tallo principal (unid)	11	17,2	1,4	8,2	15,0	19,0
2	Numero de hojas presentes en el tallo principal	11	23,8	2,5	10,6	20,0	28,0
2	Diámetro del tetra ramial (mm)	11	3,3	0,9	26,5	2,0	4,7
2	Numero ramificaciones en el tetra ramial	11	14,2	2,9	20,2	11,0	19,0
2	diámetro cobertura vegetal (cm)	11	24,1	5,1	21,2	15,4	34,6
2	Rendimiento de grano por planta (g)	11	9,7	4,6	47,8	5,5	19,2
2	Diámetro de grano (mm)	11	0,9	0,1	9,6	0,9	1,2
2	Peso de 1000 semillas (g)	11	0,7	0,1	19,9	0,5	0,9
2	Rendimiento x metro lineal (g)	11	49,4	22,5	45,6	26,1	99,5
2	Peso hectolitrico gr/cm3	11	0,6	0,0	5,6	0,6	0,7
2	Índice de cosecha %	11	65,5	25,2	38,4	30,3	99,9

**Cuadro 10.** Caracterización del grupo 3

conglomerado	Variables	n	media	D.E.	CV	Min	max
3	Altura de planta (cm)	8	44,0	6,0	13,7	35,3	52,1
3	Diámetro de tallo (mm)	8	4,4	0,5	11,2	3,9	5,3
3	Numero de ramificaciones en el tallo principal (unid)	8	16,9	1,6	9,2	14,0	19,0
3	Numero de hojas presentes en el tallo principal	8	26,1	2,0	7,5	23,0	29,0
3	Diámetro del tetra ramial (mm)	8	3,6	0,4	12,2	3,1	4,3
3	Numero ramificaciones en el tetra ramial	8	15,5	2,7	17,2	11,0	19,0
3	diámetro cobertura vegetal (cm)	8	14,2	4,4	31,3	7,8	22,2
3	Rendimiento de grano por planta (g)	8	5,2	2,5	47,3	2,7	9,4
3	Diámetro de grano (mm)	8	0,9	0,1	5,0	0,8	1,0
3	Peso de1000 semillas (g)	8	0,5	0,1	25,0	0,3	0,7
3	Rendimiento x metro lineal (g)	8	46,7	13,7	29,3	29,0	69,9
3	Peso hectolitrico gr/cm3	8	0,6	0,0	4,6	0,6	0,6
3	Índice de cosecha %	8	46,4	24,2	52,1	14,7	95,6

**4.3.5 Grupo 1.**

Es considerado como uno de los más importantes de todas las accesiones de cañahua. Está formado en su totalidad por una accesión de la cual fue lasta, como se puede apreciar en el Cuadro 11, este grupo reúne a las accesiones con habito de crecimiento lasta y saihua, mayor diámetro de tallo (DT) = 5,98 cm, cobertura foliar (CF) = 31,51 cm, mayor número de ramificaciones en el tallo principal (NR) =25 ramas, Numero de hojas presentes en el tallo principal(NH) = 28 hojas y el Diámetro del tetra ramial (DT) = 4,69 , Numero ramificaciones en el tetra ramial (NRT) = 18, Rendimiento de grano por planta (RGP) = 19,20 g material sobresaliente con relación a los otros grupos. Estas características que podría ser aprovechada en trabajos de mejoramiento.

**Cuadro 11.** Descripción del número de accesiones en cada grupo

Conglomerado	Numero de Accesiones	Saihua	Lasta	Pampalasta
1	17	184, 284, rojo naranja, lasta rosada, L5 M4, 44, kullpara L 7, kullpara L1, comercial 1344, L1	180, 186, L13, tumosi, Q5m naranja, 193, ecotipo naranja	
2	11		183, 259, (1-4), 189, 192(3), 288, comercial, coramata media, QLR3, lupupampa,	192(1)
3	8	134	264, purapurani, 192(2), QLA 2, lasta anaranjado, lasta naranja, lillimani	

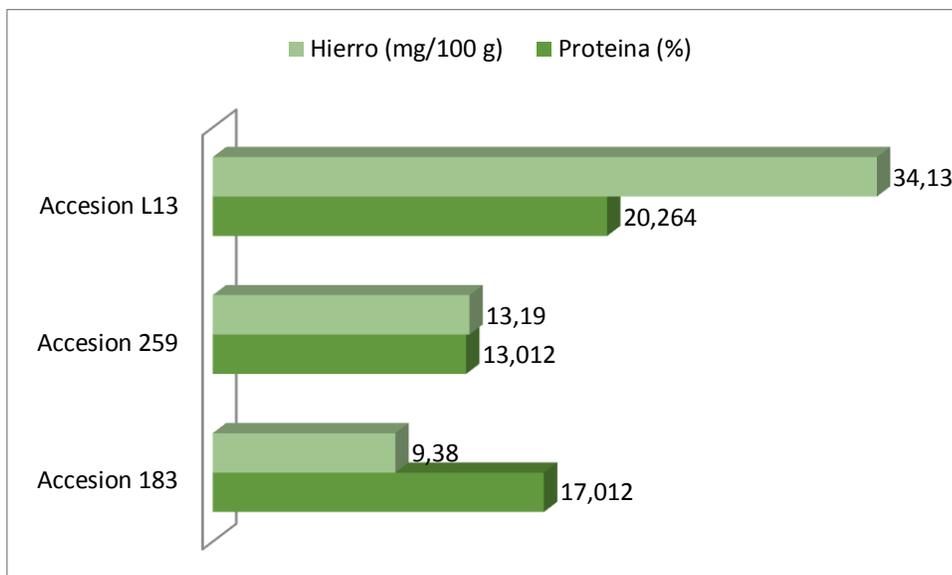
Así mismo el índice de cosecha (IC) = 87,21 es mayor al de los otros grupos. Se observó que dentro del habito de crecimiento en el grupo 3 se tuvo 15 accesiones con un habito de crecimiento lasta que es en el grupo con más accesiones.

#### 4.4 Análisis de hierro y proteína

El análisis de hierro y proteína se realizó identificando las tres mejores accesiones de cañahua observando el rendimiento de grano por planta, el peso hectolitrito y el rendimiento por metro lineal, de esa forma tomo 50 g de cada accesión elegida y se mandó a analizar a Seladis, los resultados se muestran en la Figura 10.

Se observó mediante el análisis que la accesión de cañahua L13 tuvo un elevado porcentaje de proteína (34,13) al igual que en el hierro (20,264mg/100g) así mismo se evidencio que en la caracterización esta accesión fue considerado como la tercera mejor en cuanto a rendimiento. La accesión 259 presento casi la misma cantidad en ambos análisis proteína (13,012%) y hierro (13,19mg/100g), considerándose la segunda mejor en rendimiento y la accesión 183 observándose como la mejor accesión en rendimiento de grano por planta tuvo una menor cantidad de hierro (9,38mg/100g) en comparación con las otras accesiones en caso de la proteína tuvo (17,012%).

La cañahua es una especie importante en la alimentación por su elevado valor nutritivo al poseer un alto contenido de proteína (15,77 – 18,98%), fibra cruda (7,21 – 8,45%) y carbohidratos (60,80 – 65,20%) (Rojas y Pinto, 2006).



**Figura 10.** Análisis de hierro y proteína en cañahua

## 5. CONCLUSIONES

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

- Existe una amplia variabilidad genética en cuanto a las características de la planta, 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 que conforman las accesiones de cañahua.
- Se reporta como resultado que de las 36 accesiones evaluadas 11 accesiones corresponden al hábito de crecimiento saihua, que representa el 30,6% del total de las accesiones, mientras, 24 accesiones son de hábito de crecimiento lasta con un 66,7%, así mismo, una accesión con hábito de crecimiento pampa lasta con un 2,8%, 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.
- El color en estrías presentes en las 36 accesiones, 10 accesiones pertenecen a la escala 1, llegando a presentar estados de color amarillo y representa el 27,8% del total de la población, también se observa un grupo de 15 accesiones (41,7%) con escala de valor 5 que tiene el color verde mientras, grupos de 1,4 y 6 accesiones presentan el color anaranjado, purpura y rosado respectivamente.
- Se observa un grupo de cinco accesiones presentan colores de tallos verde oscuro que representa 13,9% de la población, así mismo, cuatro accesiones con el color verde amarillento, otras 4 accesiones presentaron el color amarillo con un 11,1% y los grupos conformados por 1,2 y 3 accesiones presentan estado de color amarillo claro, café amarillento, café claro, café, rojizo, purpura, pálido, rojo y verde agua y verde claro corresponden a los porcentajes más bajos de la población con 8, 3, 5, 9 y 2,8 %, respectivamente
- 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, indicando mayor desarrollo de la planta con altos rendimientos de grano e índice de cosecha.

- Los tallos con diámetros delgados 1,73 mm se presentan en las accesiones kullpara L1, kullpara L7; por el contrario los tallos con diámetros gruesos 5,98 mm corresponden a las accesiones 183, 1-4, lasta naranja, lasta anaranjado.
- Según la información registrada seis accesiones presentan colores de planta amarillo que equivale a 16,7% del total de la población, seis accesiones sondeo color verde agua que corresponde al 16,7% de las accesiones, seis accesiones con presencia del color verde oscuro, también cinco accesiones presentaron el color verde amarillento. Grupos formados por 4, 2 y 1 accesiones que presentan tonos de color café amarillento, café claro, café oscuro, anaranjado, morado y rosado.
- La técnica de agrupamiento jerárquico, permitió clasificar a las accesiones de cañahua en cinco grupos, esta agrupación proporcionó una descripción útil y permitió visualizar caracteres particulares (fenológicas, agronómicas y morfológicas de las accesiones de cañahua) en cada grupo.
- El análisis realizado a las 3 accesiones de cañahua con mayor rendimiento, permite identificar a la accesión L13 como la en la calidad de grano por su alto contenido nutritivo, por el tamaño de grano y rendimiento de grano por planta.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Por las características de los grupos señalados, se sugiere utilizar este material en trabajos de mejoramiento genético, para obtener cañahuas más nutritivas en proteína, hierro y con un mejor rendimiento.
- Continuar con los trabajos de caracterización y evaluación dentro de cada grupo identificado, a través del análisis de conglomerado mediante la evaluación y caracterización de los grupos, así mismo, validar los presentes datos obtenidos en los cinco grupos de las accesiones de cañahua.
- Se recomienda realizar análisis a todas las accesiones que se logren recolectar ya que tenemos en las cañahuas un bajo contenido de proteína y hierro en comparación con el país de Perú.

## 7. 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.

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.

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

CALLE, CH. E. 1980. Morfología y variabilidad de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) cultivada en el Altiplano Boliviano Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Cbba, Bolivia. 88 p.

CANO, V. I. 1973. El cultivo de la cañahua, Universidad Técnica del Altiplano, Facultad de Agronomía Puno, Perú. Boletín N° 2. 10 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.

Collazos, Q. *et al.* 1975. La Composición de los Alimentos Peruanos. Ministerio de Salud. Lima - Perú.

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

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.

JARAMILLO, S.; BAENA, M. 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 eco tipos y 5 líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el altiplano central, Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón, Cbba, Bolivia. pp. 20 – 35.

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

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

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

QUISBERT, M. L. 2003. Evaluación agronómica preliminar de 20 accesiones de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 26 – 65.

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

REPO-CARRASCO R, ACEVEDO DE LA CRUZ A, ICOCHEA J, KALLIO H PlantFoods Human Nutrition, 2009, 1-8.doi 10.1007/s11130-009-0109-0. ) Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Extrudate and Bran.

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

ROJAS, W.; PINTO, M. 2003. Descriptores de cañahua y quinua, estandarizados para la región Andina. Informe 2002 – 2003. FUNDACIONPROINPA. La Paz, Bolivia. 15 p.

ROJAS, W.; PINTO, M.; CAMARGO, A. 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.

TAPIA, M. 1979. Cultivos Andinos. IICA – CII. Bogotá, Colombia. pp. 205 – 214.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CORDOBA. FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS. MAESTRÍA EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS Trabajo Final: “Calidad Intrínseca de los Granos en la Pos cosecha”: Ing. Qca. SUSANA GARNERO

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

# ANEXOS

## Anexo 1. Lugares de recolección de las accesiones

Nº	Accesión	Procedencia
1	184	Omasuyos (Achacachi) Roxana Pusari
2	180	Omasuyos (Achacachi) Antonio Saca
3	186	Omasuyos (Achacachi) Damaso Arpaza
4	183	Omasuyos (Achacachi) francisco Sarabia
5	264	Omasuyos (Achacachi) Juana Laura
6	259	los andes (Pucarani) Florentina Laura
7	284	GUALBERTO VILLARROEL Julia Árgana
8	288	Fidel Poma
9	Comercial	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
10	193	Valentintarqui
11	Purapurani	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
12	(1-4)	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
13	lasta anaranjado	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
14	lasta naranja	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
15	134	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
16	192(1)	Gerardo Layme
17	192(2)	Gerardo Layme
18	192(3)	Gerardo Layme
19	L2	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
20	lasta rosada	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
21	L 13	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
22	Tumosi	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
23	QLA2	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
24	Q5m naranja	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
25	Ecotipo naranja	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
26	Comercial 1344	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
27	Kullpara L 7	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
28	44	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
29	LLillimani	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
30	Coramata media	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
31	L 5 M4	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
32	Rojo naranja	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
33	Lupupampa	AGRO KUS CHOKO CAÑAHUA
34	Kullpara L1	Est Ex Ch Fac, Agro 2015
35	189	INSTITUTO TECNOLOGICO AGRO CORPA
36	QLR3	Est Ex Ch Fac, Agro 2015

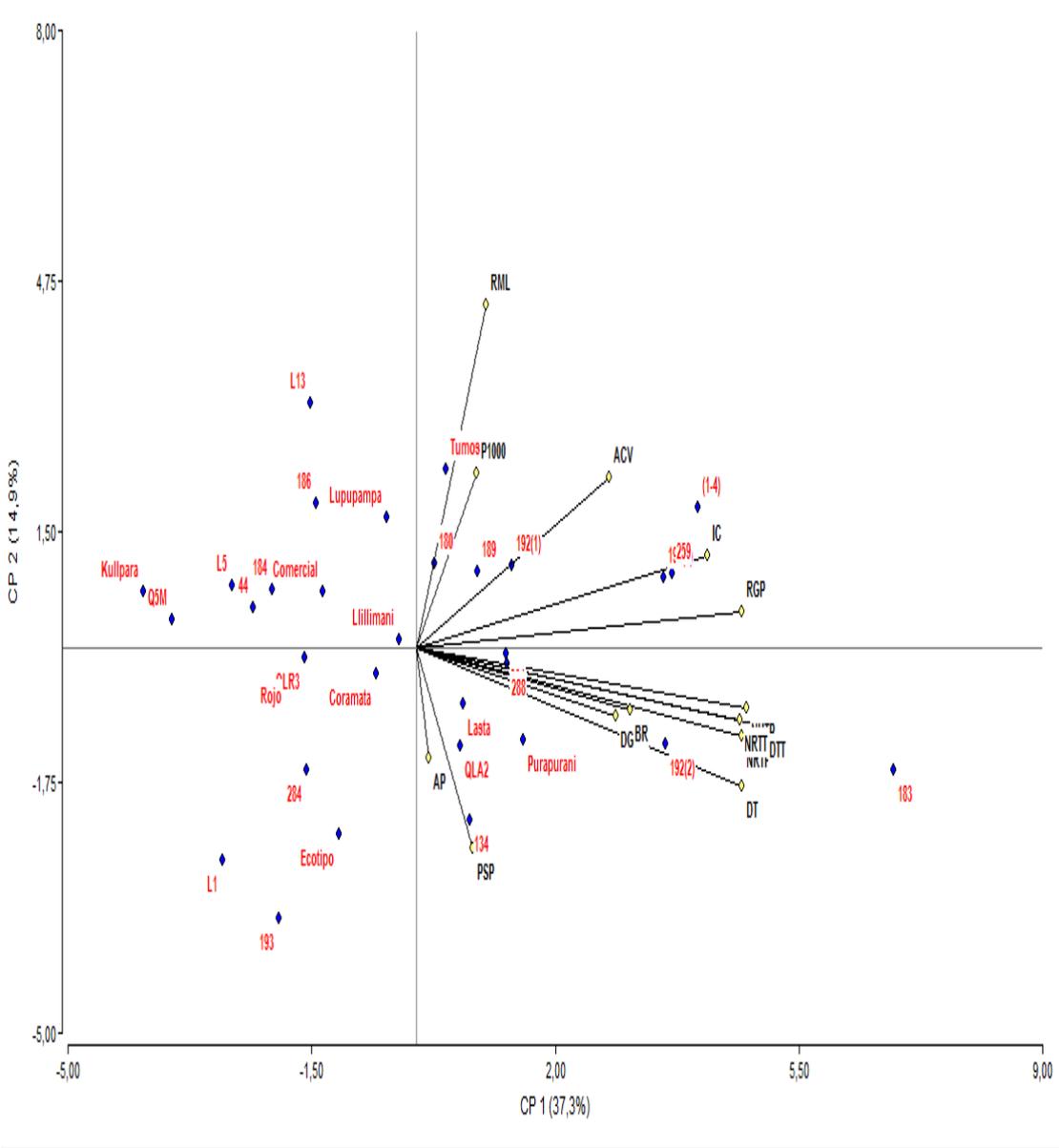
## Anexo 2. Datos de las accesiones

numero	Accesión	Numero de ramificaciones en el tallo principal	Numero de hojas presentes en el tallo principal	Diámetro del tetramial	Numero ramificaciones en el tetramial	Color de tallo	Presencia de estrias
1	184	16	21	2,22	11	amarillo	1
2	180	18	23	3,35	14	amarillo claro	1
3	186	17	22	2,63	15	amarillo	1
4	183	19	28	4,69	18	anaranjado	1
5	264	18	26	3,44	17	café rojizo	1
6	259	16	25	3,69	14	anaranjado	1
7	284	17	22	2,79	11	café claro	1
8	288	19	22	3,3	15	anaranjado	1
9	comercial	18	23	2,41	16	café rojizo	1
10	193	16	20	2,68	10	purpura palido	1
11	purapurani	19	28	3,54	17	verde claro	1
12	(1-4)	17	25	4,69	16	amarillo claro	1
13	lasta anaranjado	14	26	4,26	16	purpura palido	1
14	lasta naranja	17	27	4,26	16	purpura palido	1
15	134	16	26	3,22	16	café rojizo	1
16	192(1)	15	24	3,25	13	verde claro	1
17	192(2)	18	29	3,59	19	verde amarillento	1
18	192(3)	17	28	3,73	19	verde amarillento	1
19	L1	16	20	2,32	7	verde agua	1
20	lasta rosada	17	22	2,12	10	rojo	1
21	L 13	18	22	2,34	8	verde agua	1
22	tumosi	18	23	2,59	11	amarillo	1
23	QLA2	17	23	3,37	12	verde oscuro	1
24	Q5m naranja	13	17	2,65	6	anaranjado	1
25	ecotipo naranja	18	22	2,85	12	anaranjado	1
26	comercial 1344	13	17	2,36	3	rojo	1
27	kullpara L 7	16	19	1,36	8	anaranjado	1
28	44	18	22	1,84	8	amarillo	1
29	Ilillimani	16	24	3,11	11	café amarillento	1
30	coramata media	18	22	2,59	11	verde oscuro	1
31	L 5 M4	17	21	2	8	verde oscuro	1
32	rojo naranja	17	22	2,75	12	anaranjado	1
33	lupupampa	18	22	2,59	11	verde oscuro	1
34	kullpara L1	15	18	1,34	8	verde amarillento	1
35	189	15	23	3,37	12	verde oscuro	1
36	QLR3	17	20	2,01	11	verde amarillento	1

Color de estirias	diámetro de la cobertura vegetal	Color de la cobertura vegetal	Área de la cobertura vegetal	Rendimiento de grano por planta	Diámetro de grano	Peso con perigonio	Peso sin perigonio	peso de 1000 semillas
amarillo	2,37	verde oscuro	4,735	1,75	0,94	2	1,77	0,65
verde	10,24	verde agua	20,47	2,81	0,94	2	1,83	0,51
verde	9,74	verde oscuro	19,47	2,87	0,86	2	0,8	0,55
rosado	17,60	verde amarillento	35,2	19,2	1,18	2	1,74	0,64
verde	7,80	verde oscuro	15,6	5,43	0,94	2	1,63	0,73
amarillo	23,24	anaranjado	46,47	16,73	0,99	2	1,63	0,87
verde	13,25	café amarillento	26,49	2,17	0,89	2	1,83	0,66
amarillo	23,68	café amarillento	47,36	11,45	0,88	2	1,5	0,67
rosado	34,64	morado	69,27	7,35	0,92	2	1,63	0,64
purpura	10,40	verde amarillento	20,8	3,34	0,97	2	1,8	0,62
amarillo	10,60	verde amarillento	21,2	4,15	0,83	2	1,83	0,58
rosado	27,37	café oscuro	54,73	10,53	0,98	2	1,73	0,64
purpura	15,19	café amarillento	30,38	4,05	0,91	2	1,8	0,46
purpura	15,19	café amarillento	30,38	4,05	0,93	2	1,8	0,46
rosado	10,84	rosado	21,67	2,65	0,88	2	1,73	0,54
verde	26,30	verde agua	52,6	6,72	0,87	2	1,77	0,86
amarillo	22,24	café claro	44,47	8,68	0,96	2	1,77	0,61
verde	20,82	verde oscuro	41,64	8,99	0,99	2	1,86	0,75
rosado	10,30	café claro	20,6	2,27	0,92	2	1,7	0,68
rosado	9,90	verde agua	19,8	2,08	0,94	2	1,8	0,72
amarillo	14,80	café claro	29,6	2,25	0,94	2	1,67	0,89
verde	26,60	verde amarillento	53,2	6,1	0,96	2	1,8	0,77
verde	15,43	verde oscuro	30,85	9,37	0,92	2	1,9	0,3
verde	7,84	amarillo	15,67	1,11	0,9	2	1,63	0,66
verde	16,94	verde agua	33,87	0,93	1	2	1,8	0,87
amarillo	9,00	anaranjado	18	2,39	0,97	2	1,8	0,62
verde	8,85	amarillo	17,7	2,32	0,89	2	1,76	0,48
purpura	6,90	amarillo	13,8	1,8	0,99	2	1,7	0,85
verde	16,40	verde oscuro	32,8	3,46	0,85	2	1,77	0,45
verde	25,30	verde agua	50,6	5,45	0,89	2	1,67	0,49
verde	10,37	amarillo	20,73	2,47	0,93	2	1,63	0,45
anaranjado	5,44	amarillo	10,87	2,27	0,86	2	1,77	0,39
amarillo	25,30	verde agua	50,6	5,45	0,89	2	1,66	0,68
amarillo	8,65	amarillo	17,3	2,11	0,86	2	1,76	0,65
verde	15,35	verde amarillento	30,7	9	0,92	2	1,73	0,88
amarillo	25,30	café claro	50,6	5,45	0,88	2	1,63	0,49

Rendimiento x metro lineal	Color de perigonio	Color de pericarpio	Color de grano	Forma de grano	Borde de grano	Peso	Volumen	peso hectolitrico (gr/cm3)	broza	índice de cosecha
67,27	verde agua	café claro	rosado claro	3	2	25,6	40	0,64	12	14,5833
65,47	gris	café amarillento	café claro	3	2	27,4	40	0,69	15	18,7333
56,97	gris	café oscuro	café amarillento	3	2	26,3	40	0,66	13	22,0769
47,9	gris	café oscuro	café amarillento	1	2	23,9	40	0,60	22	87,2727
51,47	gris	café claro	café claro	1	1	25,2	40	0,63	13	41,7692
76,13	café oscuro	café oscuro	café claro	5	2	25,2	40	0,63	18	92,9444
33,15	café claro	rojo	café claro	1	2	22,4	40	0,56	13	16,6923
44	verde amarillento	anaranjado	café amarillento	1	2	23,4	40	0,59	14	81,7857
63,03	café claro	café amarillento	negro	3	2	24,9	40	0,62	9	81,6667
28,77	gris	gris	café amarillento	3	2	19	40	0,48	11	30,3636
61,13	amarillo claro	café amarillento	café claro	1	1	23,3	40	0,58	8	51,875
99,53	gris	café amarillento	café amarillento	5	2	27,1	40	0,68	15	70,2
37,87	gris	gris	café amarillento	3	2	25	40	0,63	12	33,75
42,2	gris	gris	café amarillento	3	2	25	40	0,63	11	36,8182
46,23	anaranjado	anaranjado	café oscuro	3	1	22,3	40	0,56	18	14,7222
50,4	gris	gris	café amarillento	3	2	26,4	40	0,66	17	39,5294
35,6	gris	gris	café amarillento	1	1	24,1	40	0,60	14	62
35,0,7	verde agua	gris	café amarillento	3	2	27,2	40	0,68	9	99,8889
46,77	gris	gris	café amarillento	3	1	19,3	40	0,48	12	18,9167
19,73	gris	gris	café amarillento	3	2	25	40	0,63	13	16
61,67	gris	gris	café amarillento	2	1	28,9	40	0,72	9,7	23,1959
94,23	café claro	amarillo	café amarillento	1	1	27	40	0,68	8,5	71,7647
29	café claro	amarillo	café amarillento	1	1	23,6	40	0,59	9,8	95,6122
52,47	café claro	amarillo claro	café claro	1	1	25,1	40	0,63	8,9	12,4719
35,23	café rojizo	café oscuro	café oscuro	1	1	21	40	0,53	8,6	10,814
48,77	café oscuro	amarillo claro	café amarillento	1	1	24,6	40	0,62	16	14,9375
68,67	Café claro	café oscuro	café claro	3	2	23,3	40	0,58	6,9	33,6232
58,6	gris	amarillo	rosado claro	1	2	24,9	40	0,62	8,7	20,6897
69,93	gris	gris	café amarillento	3	2	25	40	0,63	9,9	34,9495
29,33	gris	gris	café oscuro	2	2	24,3	40	0,61	16	34,0625
24,13	gris	gris	café amarillento	3	2	26,5	40	0,66	8,9	27,7528
39,3	anaranjado	amarillo	café amarillento	1	2	25,2	40	0,63	8,7	26,092
28,67	gris	café oscuro	café oscuro	2	2	27,5	40	0,69	12	45,4167
62	café rojizo	café amarillento	café claro	3	2	26,3	40	0,66	9	23,4444
42,9	anaranjado	verde agua	café oscuro	3	1	26,2	40	0,66	15,7	57,3248
26,1	gris	gris	café oscuro	2	2	24,3	40	0,61	18	30,2778

Figura 3. Análisis de los componentes principales



**Anexo 4. Análisis de laboratorio accesión L 13**

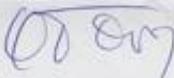
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN SALUD  
 (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA  
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)  
 Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS		CODIGO:	
	LABORATORIO DE BROMATOLOGIA		1324	
Informe N°:	142/16			
Producto:	KAÑAHUA L-13			
Marca:	S/M	Razón Social	JACQUELINE CHAMBI	
Procedencia	CHOQUENAIRA			
Fecha de recepción muestra:	2016/07/06	Fecha de emisión de resultados:	2016/07/20	
Fecha de inicio de ensayos:	2016/07/08			

**RESULTADOS**

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
PROTEINA	%	20.264.-	KJENDHAL
HIERRO	mg/100g	34.13.-	ESPECTROFOTOMETRÍA

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica/  
 /<LD menor al límite de detección.

  
 Dra. María O. Torrez T.  
 Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB:  
 Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

**Anexo 5. Análisis de laboratorio accesión 259**

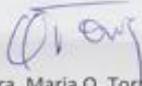
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN SALUD  
 (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA  
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)  
 Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS LABORATORIO DE BROMATOLOGIA	CODIGO: 1323	
Informe N°:	141/16		
Producto:	KAÑAHUA 259		
Marca:	S/M	Razón Social	JACQUELINE CHAMBI
Procedencia	CHOQUENAIRA		
Fecha de recepción muestra:	2016/07/06	Fecha de emisión de resultados:	2016/07/20
Fecha de inicio de ensayos:	2016/07/08		

**RESULTADOS**

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
PROTEINA	%	13.012.-	KJENDHAL
HIERRO	mg/100g	13.19.-	ESPECTROFOTOMETRÍA

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica/  
 /<LD menor al límite de detección.

  
 Dra. Maria O. Torrez T.  
 Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB:  
 Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

**Anexo 6. Análisis de laboratorio accesión 183**

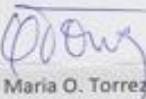
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN SALUD  
 (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA  
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)  
 Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE BROMATOLOGIA	CODIGO: 1322	
Informe N°:	140/16		
Producto:	KAÑAHUA 183		
Marca:	S/M	Razón Social	JACQUELINE CHAMBI
Procedencia	CHOQUENAIRA		
Fecha de recepción muestra:	2016/07/06	Fecha de emisión de resultados:	2016/07/20
Fecha de inicio de ensayos:	2016/07/08		

**RESULTADOS**

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
PROTEINA	%	17.012.-	KJENDHAL
HIERRO	mg/100g	9.38.-	ESPECTROFOTOMETRÍA

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica/  
 /<LD menor al límite de detección.

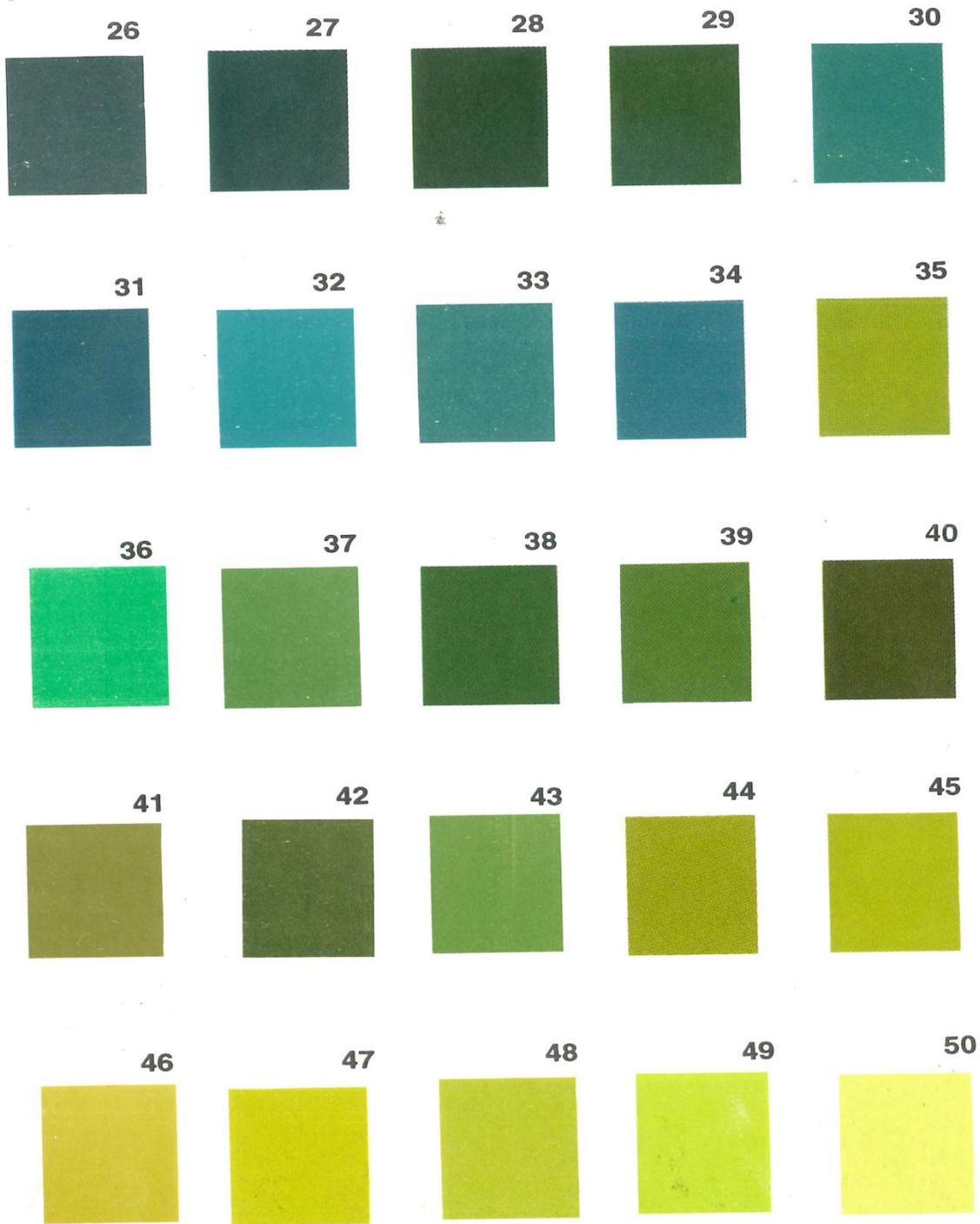
  
 Dra. María O. Torrez T.  
 Bioquímica-Farmacéutica

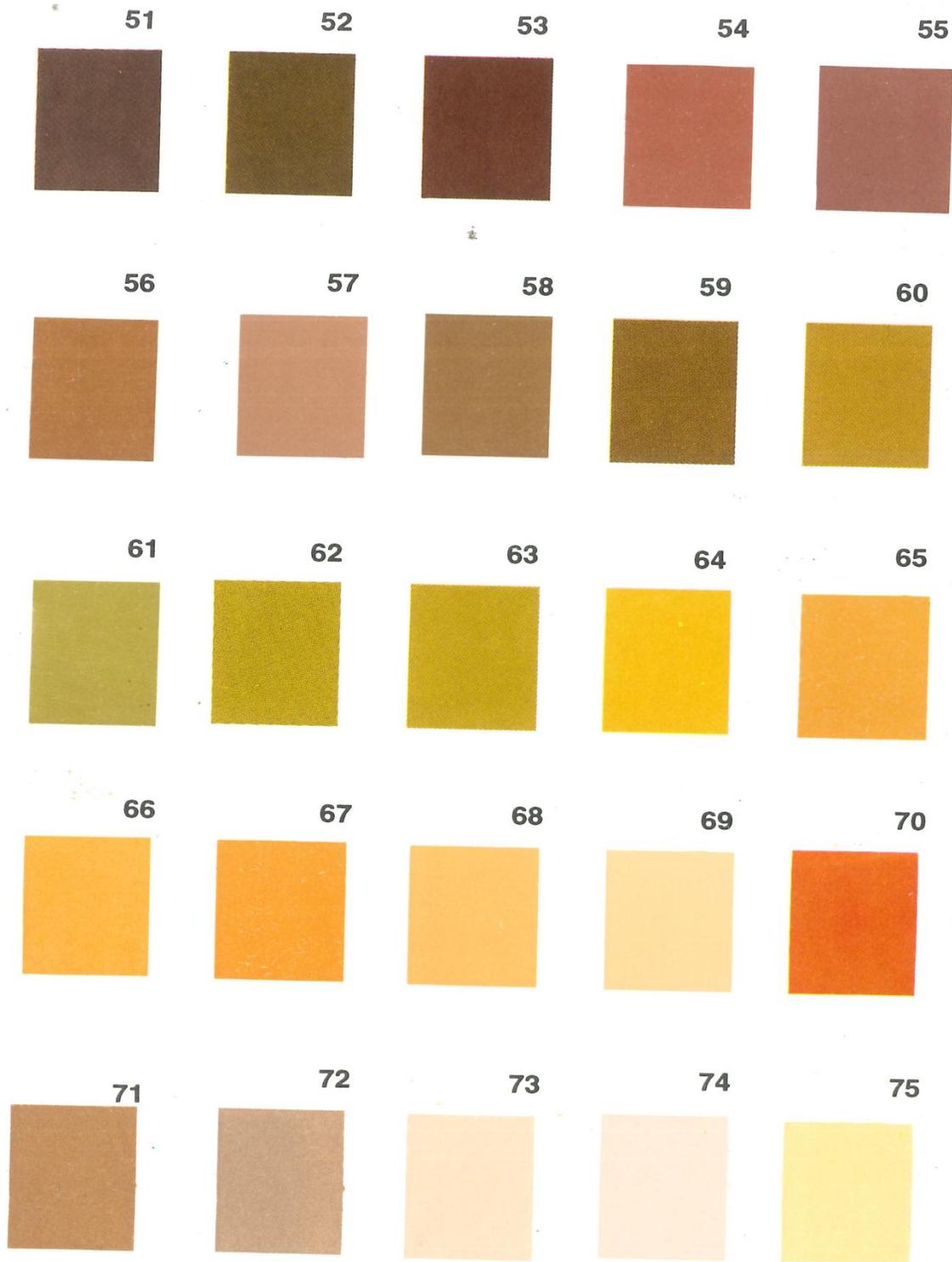


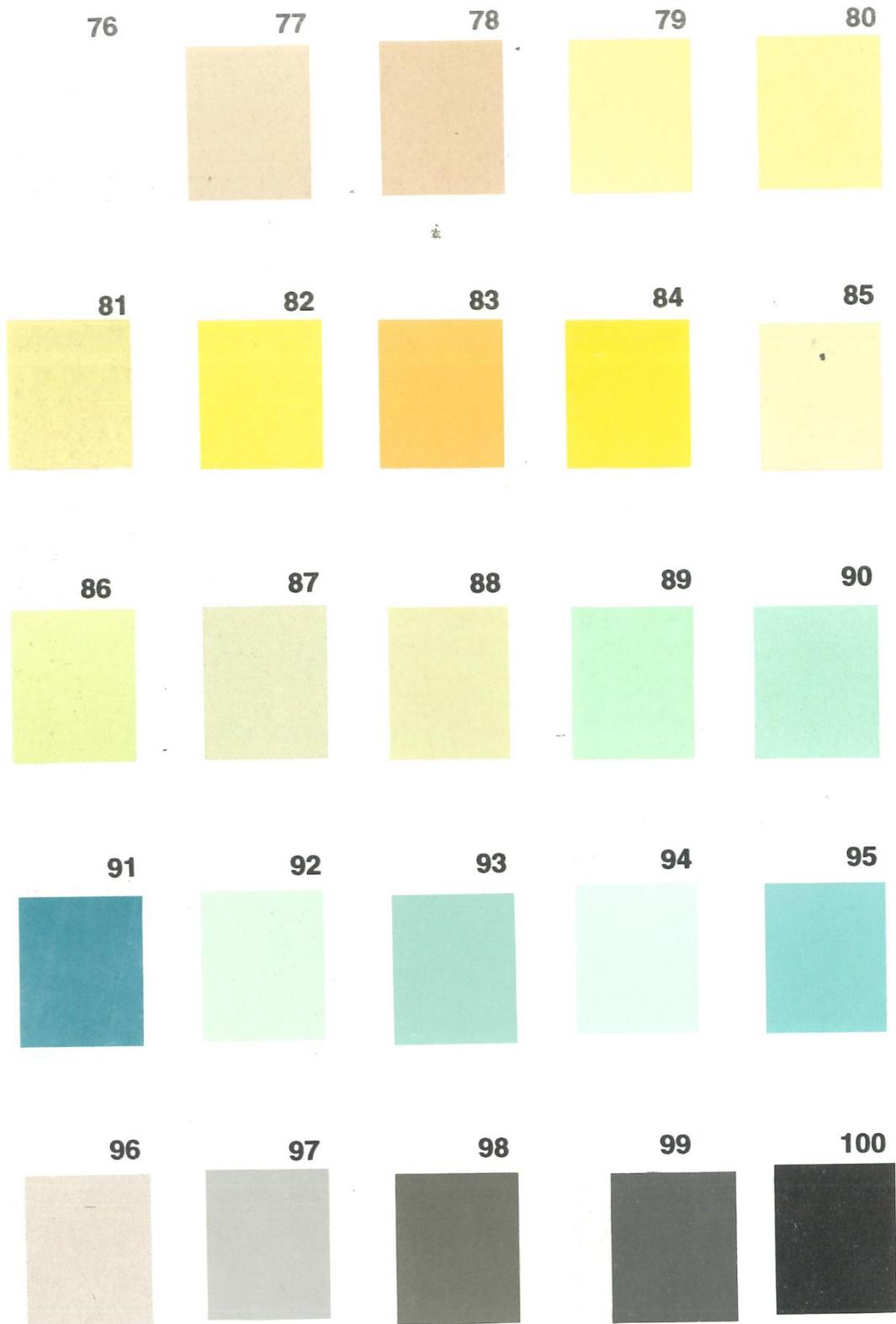
Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB:  
 Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

**Anexo 7. Tabla de colores munsell**









## FOTOGRAFÍAS DEL EXPERIMENTO



**Figura 1.** Las diferentes accesiones



**Figura 2.** Cosecha de cañahua



**Figura 3.** Selección por accesión



**Figura 4.** Altura de planta



**Figura 5.** Altura de planta



**Figura 6.** Altura de planta de las diferentes accesiones



**Figura 7.** Diámetro de tallo



**Figura 8.** Diámetro de grano



**Figura 8.** Rendimiento por metro lineal



**Figura 9.** Rendimiento de grano por planta



**Figura 10.** Toma de datos



**Figura 11.** Descripción de color  
Según la codificación munsell