

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE QUINCE LÍNEAS DE CAÑAHUA  
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE  
QUIPAQUIPANI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

**LUIS PAUCARA ROJAS**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2016**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE QUINCE LÍNEAS DE CAÑAHUA**  
**(*Chenopodium pallidicaule* Aellen), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE**  
**QUIPAQUIPANI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar al Título de  
Ingeniero Agrónomo

**LUIS PAUCARA ROJAS**

**Asesor:**

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores .....

**Revisores:**

Ing. Ph. D. Carmen Del Castillo Gutiérrez .....

Ing. Ph. D. Félix Mamani Reynoso .....

Ing. René Calatayud Valdez .....

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador .....

**DEDICATORIA:**

A mis padres Emilio Paucara Ch. y Pascuala Rojas P. con todo mi cariño y afecto, por su apoyo, sacrificio, comprensión y confianza en todo momento, haciendo posible mi formación profesional.

A mis hermanos Hilda, Augusto, Alinee y Emilio Paucara R. por su orientación, apoyo y cariño constante e incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A dios por mostrarme el camino y otorgarme la oportunidad de lograr una carrera profesional.

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía y la Carrera de Ingeniería Agronómica, por la formación profesional, impartida por docentes, auxiliares y administrativos.

A la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA), por abrirme las puertas y brindarme todo el apoyo necesario para esta investigación.

Mi más profunda gratitud al Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores, por la orientación, asesoramiento, comprensión y apoyo incondicional para la realización del presente trabajo en campo, en el análisis e interpretación de datos.

Mi sincero agradecimiento a la Ph. D. Carmen del Castillo Gutiérrez por su colaboración, orientación, sugerencias y ayuda prestada en la redacción del presente trabajo.

Mi profunda gratitud al Ph. D. Félix Mamani Reynoso por sus valiosas sugerencias y recomendaciones y por todo el apoyo brindado para realizar la investigación.

Agradecimientos al Ing. Rene Calatayud Valdez por todo el apoyo, sugerencias y recomendaciones brindadas para la elaboración del presente trabajo.

Agradecimientos a todos mis amigos y compañeros de la fundación PROINPA y de la Facultad de Agronomía.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
2.3. Hipótesis.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Cañahua.....	5
3.1.1. Origen y distribución de la cañahua en Bolivia.....	5
3.1.2. Clasificación taxonómica de la cañahua.....	6
3.1.3. Descripción botánica de la cañahua.....	7
3.1.3.1. Raíz.....	7
3.1.3.2. Tallo.....	8
3.1.3.3. Hojas.....	8
3.1.3.4. Inflorescencia.....	9
3.1.3.5. Flores.....	10
3.1.3.6. Fruto.....	11
3.1.4. Habito de crecimiento.....	11
3.1.5. Requerimiento del cultivo.....	11
3.1.5.1. Clima.....	11

3.1.5.2. Suelo.....	12
3.1.5.3. Fertilización.....	12
3.1.6. Otras características de la cañahua.....	13
3.1.7. Importancia de la cañahua.....	13
3.1.7.1. Valor nutricional de la cañahua.....	13
3.1.7.2. Comparación nutricional de la cañahua con otros cultivos.....	13
3.1.7.3. Valor nutricional de los granos andinos.....	14
3.1.7.3.1. Proteínas.....	15
3.1.7.3.2. Grasas.....	15
3.1.7.3.3. Fibra.....	16
3.1.7.3.4. Minerales.....	17
3.2. Fitomejoramiento.....	17
3.2.1. Fitotecnia.....	17
3.2.2. Fitogenética.....	18
3.2.3. Mejoramiento genético de las plantas.....	18
3.3. Mutación por radiación.....	18
3.4. Evaluación Agronómica.....	20
3.5. Rendimiento.....	20
3.6. Precocidad.....	20
3.7. Desgrane.....	20
3.8. Cambio climático.....	21
3.8.1. Variación de la producción y la precipitación en zonas agrícolas.....	21
3.8.2. Calendario agrícola.....	21
4. LOCALIZACIÓN.....	23
4.1. Características generales de la zona de estudio.....	23

4.1.1. Clima.....	23
4.1.1.1. Temperatura.....	24
4.1.1.2. Precipitación (mm).....	25
4.1.2. Fisiografía.....	26
4.1.3. Suelos.....	26
4.1.4. Vegetación.....	26
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
5.1. Materiales.....	28
5.1.1. Material genético.....	28
5.1.2. Material y equipos en actividades de campo.....	28
5.1.3. Material de laboratorio.....	29
5.1.4. Material de gabinete.....	29
5.2. Métodos.....	29
5.2.1. Métodos en campo.....	29
5.2.1.1. Diseño experimental para el estudio en campo.....	29
5.2.1.1.1. Croquis experimental para las variables tomadas en campo.....	31
5.2.1.1.2. Características del campo experimental.....	32
5.2.1.2. Variables de registro.....	32
5.2.1.2.1. Días a la emergencia (DE).....	32
5.2.1.2.2. Días a inicio de ramificación.....	33
5.2.1.2.3. Días a la floración (DF).....	33
5.2.1.2.4. Días a grano lechoso (DGL).....	33
5.2.1.2.5. Días a grano pastoso (DGP).....	33
5.2.1.2.6. Días a la madurez fisiológica (DMF).....	34
5.2.1.2.7. Altura de planta (AP).....	34

5.2.1.2.8. Número de ramas primarias (NRP).....	34
5.2.1.2.9. Rendimiento del grano de cañahua.....	34
5.2.1.2.10. Pureza del grano.....	35
5.2.1.2.11. Índice de cosecha (IC).....	35
5.2.1.2.12. Caducidad del grano o desgrane de la planta (CG).....	36
5.2.1.3. Preparación y delimitación del terreno experimental.....	37
5.2.1.4. Siembra.....	38
5.2.1.5. Labores agrícolas.....	38
5.2.1.6. Cosecha.....	39
5.2.2. Métodos en laboratorio.....	41
5.2.2.1. Diseño experimental para la germinación (laboratorio).....	41
5.2.2.1.1. Croquis experimental para la germinación (laboratorio).....	44
5.2.2.2. Variables de registro en laboratorio.....	44
5.2.2.2.1. Color del pericarpio (CPR).....	44
5.2.2.2.2. Germinación de las semillas obtenidas en campo.....	46
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
6.1. Resultados y discusión para las variables tomadas en campo.....	47
6.1.1. Días a la emergencia.....	47
6.1.2. Días a inicio de la ramificación.....	48
6.1.3. Días a la floración .....	49
6.1.4. Días a grano lechoso.....	51
6.1.5. Días a grano pastoso.....	52
6.1.6. Días a la madurez fisiológica.....	54
6.1.7. Altura de la planta.....	58
6.1.7.1. Altura de la planta en la fase floración.....	59
6.1.7.2. Altura de la planta en la fase de grano lechoso.....	60
6.1.7.3. Altura de la planta en la fase de grano pastoso.....	62



6.1.7.4.	Altura de la planta en la fase de la madurez fisiológica.....	64
6.1.8.	Número de ramas primarias.....	68
6.1.9.	Rendimientos.....	70
6.1.9.1.	Rendimiento del grano de cañahua con perigonio.....	70
6.1.9.2.	Rendimiento de broza.....	73
6.1.9.3.	Rendimiento del jipi de perigonio.....	75
6.1.9.4.	Rendimiento del grano sin perigonio.....	77
6.1.10.	Índice de cosecha (IC) de las líneas de cañahua.....	78
6.1.11.	Desgrane.....	80
6.1.11.1.	Desgrane antes de la cosecha.....	80
6.1.11.2.	Desgrane durante la cosecha.....	82
6.1.11.3.	Desgrane total de la cañahua.....	84
6.1.12.	Resistencia al desgrane por granizada.....	88
6.1.13.	Resistencia a la helada.....	89
6.2.	Resultados y discusión para las variables tomadas en laboratorio.....	91
6.2.1.	Color del grano de la cañahua.....	91
6.2.2.	Germinación de la cañahua.....	92
6.2.2.1.	Germinación a las 24 horas.....	92
6.2.2.2.	Germinación a las 36 horas.....	95
6.2.2.3.	Germinación a las 48 horas.....	97
7.	CONCLUSIONES.....	100
8.	RECOMENDACIONES.....	102
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	ANEXOS.....	109

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Composición nutricional de la cañahua.....	13
Cuadro 2. Valor nutritivo de la cañahua.....	14
Cuadro 3. Análisis de varianza para el número de días a la emergencia.....	48
Cuadro 4. Análisis de varianza para el número de días a inicio de la ramificación.....	49
Cuadro 5. Análisis de varianza para el número de días a la floración.....	50
Cuadro 6. Análisis de varianza para el número de días a grano lechoso.....	51
Cuadro 7. Análisis de varianza para el número de días a grano pastoso.....	53
Cuadro 8. Análisis de varianza para el número de días a la madurez fisiológica.....	55
Cuadro 9. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase floración.....	60
Cuadro 10. Análisis de varianza para la altura de la planta en la fase de grano lechoso.....	60
Cuadro 11. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de grano pastoso.....	62
Cuadro 12. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de madurez fisiológica.....	65
Cuadro 13. Análisis de varianza para el número de ramas primarias.....	68
Cuadro 14. Análisis de varianza para el rendimiento de grano con perigonio.....	70
Cuadro 15. Análisis de varianza para el rendimiento de broza.....	73
Cuadro 16. Análisis de varianza para el rendimiento de jipi del perigonio.....	76
Cuadro 17. Análisis de varianza para el rendimiento del grano sin perigonio.....	77
Cuadro 18. Análisis de varianza para el índice de cosecha.....	79
Cuadro 19. Análisis de varianza para el desgrane antes de la cosecha en kg/ha.....	80
Cuadro 20. Análisis de varianza para el desgrane durante la cosecha en kg/ha.....	83
Cuadro 21. Análisis de varianza para el desgrane total de cañahua en kg/ha.....	85

Cuadro 22. Análisis de varianza para la resistencia a la granizada.....	88
Cuadro 23. Análisis de varianza para la resistencia a la helada.....	90
Cuadro 24. Análisis de varianza para la germinación de semillas sin y con perigonio las 24 horas.....	93
Cuadro 25. Prueba de medias de Duncan para la germinación de semillas sin y con perigonio a las 24 horas.....	94
Cuadro 26. Análisis de varianza para la germinación de semillas sin y con perigonio a las 36 horas.....	96
Cuadro 27. Prueba de medias de Duncan para la germinación de semillas sin y con perigonio a las 36 horas.....	96
Cuadro 28. Análisis de varianza para la germinación de semillas sin y con perigonio a las 48 horas.....	98

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Página</b>
Gráfico 1. Temperatura mensual del ciclo agrícola 2012 – 2013 (SENAMHI 2012 – 2013).....	24
Gráfico 2. Precipitación mensual del ciclo agrícola 2012 – 2013 (SENAMHI 2012 – 2013).....	25
Gráfico 3. Promedio de días a la fase de floración.....	51
Gráfico 4. Promedio de días a la fase de grano lechoso.....	52
Gráfico 5. Promedio de días a la fase de grano pastoso.....	54
Gráfico 6. Promedio de días a la fase de madurez fisiológica.....	56
Gráfico 7. Promedio de tiempo transcurrido a cada etapa por las 15 líneas de cañahua durante su ciclo fenológico.....	58
Gráfico 8. Altura promedio de las 15 líneas de cañahua en la fase del grano lechoso.....	62
Gráfico 9. Altura promedio de las 15 líneas de cañahua en la fase del grano pastoso.....	64
Gráfico 10. Altura promedio de las 15 líneas de cañahua en la fase de la madurez fisiológica.....	66
Gráfico 11. Crecimiento promedio de las 15 líneas de cañahua en las fases fenológicas.....	67
Gráfico 12. Número promedio de ramas primarias.....	69
Gráfico 13. Rendimiento promedio del grano de cañahua con perigonio.....	72
Gráfico 14. Rendimiento promedio de la broza de cañahua.....	75
Gráfico 15. Rendimiento del grano sin jipi de perigonio.....	78
Gráfico 16. Índice de cosecha.....	80
Gráfico 17. Desgrane promedio antes de la cosecha de las 15 líneas de cañahua en kg/ha.....	82
Gráfico 18. Desgrane promedio durante la cosecha de las 15 líneas de cañahua en kg/ha.....	84
Gráfico 19. Desgrane promedio total de las 15 líneas de cañahua kg/ha.....	86

Gráfico 20. Pérdida promedio de grano después de la granizada en kg/ha.....	89
Gráfico 21. Resistencia promedio a la helada en porcentaje de toda la planta.....	91
Gráfico 22. Promedio de la germinación de las semillas con y sin perigonio a las 24 horas.....	95
Gráfico 23. Promedio de la germinación de las semillas con y sin perigonio a las 36 horas.....	97

## RESUMEN

El trabajo de investigación consistió en evaluar el comportamiento agronómico de 15 líneas de cañahua, de las cuales 14 son líneas mutantes y se incluyó la variedad local Lasta Rosada como testigo. Las líneas mutantes fueron modificadas por medio de radiación de cobalto provocando que las hojas se cierren alrededor del grupo de grano y esta evita el desgrane pre cosecha, además, estas líneas son precoces, lo cual hace interesante para cultivar en un contexto de variabilidad y cambio climático que tiene efectos adversos para la agricultura del altiplano. El trabajo se realizó durante la campaña agrícola 2012 – 2013 en el Centro de Investigación Quipaquipani, las variables evaluadas durante la investigación fueron el ciclo fenológico, altura de planta, número de ramas primarias, rendimiento entero (grano, broza, jipi) y grano limpio (sin perigonio ni impurezas), índice de cosecha, pérdida de grano por desgrane antes de la cosecha y desgrane durante la cosecha. Además, se ha complementado con la pérdida provocada por granizo en etapa previa a la cosecha y la prueba de germinación de la semilla obtenida.

Los resultados obtenidos en la investigación han confirmado la precocidad de las líneas mutantes, puesto que la línea más precoz llegó a la madurez fisiológica a los 119 días (4 meses) y la más tardía fue el testigo (Lasta Rosada) con 138 días (5 meses aproximadamente). La altura de planta de las líneas mutantes van de 26.4 a 32.7 cm y del testigo con 48.7 cm. Las líneas de cañahua mutante tienen de 9 a 11 ramas y el testigo 13 ramas. Los rendimientos más altos alcanzados por las líneas mutantes fueron 1487.5 y 1109.0 kg/ha y la variedad testigo (Lasta Rosada) 1649.0 kg/ha. Con respecto a la pérdida por desgrane, fue menor en las líneas mutantes variando de 218.54 a 110.80 kg/ha y en el testigo 813.16 kg/ha. El poder germinativo está por encima del 97 %, teniendo mejores resultados con las semillas sin perigonio. La pérdida de grano por efecto del granizo en las líneas mutantes fue de 3.2% y en la Lasta Rosada 13.0 %. Finalmente, el daño causado por heladas (área de follaje afectado) fue de 30% para la Lasta Rosada y 11.25 % para las líneas mutantes.

## ABSTRACT

The purpose of the research was to evaluate the agronomic performance of 15 cañahua lines, of which 14 are mutant lines and the local variety Lasta Rosada was included as a control. The mutant lines were modified by cobalt radiation causing the leaves to close around the group of grain and this prevents pre-harvest shattering, in addition, these lines are precocious, which makes it interesting to grow it in a context of variability and changing climate that has adverse effects on agriculture in the high plateau. The work was done during the 2012-2013 crop year at Quipaquipani Research Center, the traits evaluated during the investigation were the phenological cycle, plant height, number of primary branches, whole yield (grain, chaff, jipi) and clean grain (without perigonium or with no impurities), harvest index, grain loss by shattering before harvest and during harvest. In addition, it has been supplemented with the loss caused by hail in pre-harvest and seed obtained were tested by germination trial.

The results obtained in the investigation have confirmed the precocity of the mutant lines, since the earliest line reached physiological maturity at 119 days (4 months) and latest was the control variety (Lasta Rosada) with 138 days (about 5 months). Plant height of the mutant lines were 26.4 to 32.7 cm and for control variety was 48.7 cm. Cañahua mutant lines had 9 to 11 branches and the control had 13 branches. The highest yields achieved by the mutant lines were 1487.5 and 1109.0 kg / ha and the control variety (Lasta Rosada) 1649.0 kg / ha. With respect to the loss of grain covered by its husk, it was lower in the mutant lines ranging from 218.54 to 110.80 kg / ha and in the control variety was 813.16 kg / ha. The rate of germination is above 97%, having better results with seeds without grain husk. Grain loss effect of hail in the mutant lines was 3.2% and in Lasta Rosada 13.0%. Finally, the damage caused by frost (leaf area affected) was 30% for the Lasta Rosada and 11.25% for the mutant lines.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En Bolivia el grano de cañahua es muy importante debido a la calidad nutritiva y su diversidad de usos culinarios. El centro de origen de esta especie se encuentra en el área circunlacustre del Lago Titicaca, se cultiva desde los 3200 – 4200 msnm en las regiones de La Paz, Potosí, Oruro y Cochabamba y no tiene mayor difusión de las fronteras del altiplano del Perú y Bolivia.

La cañahua fue cultivada por las civilizaciones predecesoras como la Incaica y particularmente por la cultura Tihuanacota, pero se empezó a relegar desde la colonia hasta quedar hoy prácticamente en vía de extinción. Actualmente se cultiva en pequeñas parcelas en inmediaciones del Lago Titicaca, en el departamento de La Paz, en el departamento de Oruro en las provincias Bolívar y Tapacari de Cochabamba.

La cañahua crece en condiciones ecológicas y climáticas del altiplano, en suelos con relativa humedad y contenido de materia orgánica, su grano tiene elevadas cantidades de nutrientes un contenido de proteína de 14 – 19 %, una importante proporción de aminoácidos azufrados, vitaminas (8.51 %) y minerales (4.55 %), tienen un buen volumen de fibra dietética y propiedades restauradoras del sistema inmunológico, lo que lo hacen un cultivo estratégico y de seguridad alimentaria para sistemas de producción de alto riesgo como el altiplano.

La cañahua puede tener un rendimiento de grano de 1000 kg/ha, y en buenas condiciones de suelo el rendimiento puede duplicarse o triplicarse. La cañahua no solo produce grano para el consumo humano, también puede ser usada como forraje por su alto valor nutritivo, su fácil digestibilidad y palatabilidad.



En las últimas décadas, la variabilidad y cambio climático limitan el normal crecimiento de la cañahua y otros cultivos, puesto que las lluvias se retrasan, y los periodos de sequía se alargan que como consecuencia la superficie cultivable tiene que reducirse así como los rendimientos tienden a disminuir, esta situación puede ser parcialmente superada mediante el empleo de semillas mejoradas para ser más precoces y resistentes a los cambios climáticos.

Esta investigación fue realizada para ver el comportamiento agronómico de 15 líneas de semillas de cañahuas mejoradas por radiación de cobalto, denominadas cañahuas mutantes, proporcionadas por la institución PROINPA. Las características evaluadas fueron la precocidad, desgrane a la madurez, a la cosecha, el desgrane por efecto del granizo y resistencia a heladas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Evaluar el comportamiento agronómico de quince líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en la Estación Experimental de Quipaquipani del departamento de La Paz.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la precocidad en las fases fenológicas y el desgrane antes y durante la cosecha de 15 líneas de cañahuas.
- Evaluar los rendimientos del grano, broza y jipi de las diferentes líneas de cañahua en estudio.
- Evaluar el porcentaje de germinación de las semillas mutantes.
- Describir el color del grano de las líneas de cañahua.

### **2.3. Hipótesis**

Las fases fenológicas de las quince líneas, con énfasis en precocidad y desgrane en pre-cosecha, son iguales o muy cercanas en promedios.

Los rendimientos de grano, broza y jipi de las diferentes líneas de cañahua comparadas entre si son similares.

El porcentaje de germinación de las líneas de cañahua en estudio, no tienen diferencias significativas.

El color de grano en todas las líneas de cañahua son iguales no existiendo una diferencia apreciable.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Cañahua**

##### **3.1.1. Origen y distribución de la cañahua en Bolivia**

Las formas silvestres de la cañahua se encuentran en las inmediaciones del lago Titicaca conocidas con los nombres de Ayara, Quita o Cañihua, lo que indica el lugar de origen de esta Chenopodiacea que es el altiplano Peruano – Boliviano, con características de ser plantas generalmente de porte postrado, tamaño reducido y con un alto contenido de saponina en el epispermo (Cano, 1973).

La cañahua es conocida también con los nombres de cañihua, cañahua, kañawa, kañagua, kaniwa, quañiwa, qaniwa, dependiendo del origen geográfico (Bolivia o Perú) y del origen lingüístico (Aymara o Quechua), es así que en Bolivia es conocida como cañahua y en Perú como cañihua (Soto y Carrasco, 2008).

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

La cañahua se distribuye en las regiones semiáridas más altas de los Andes centrales en Perú y Bolivia, y es considerada como una especie olvidada y poco utilizada. Tiene en Puno una superficie aproximada de 4500 ha en producción, distribuidas mayoritariamente en las zonas Suni y Puna húmeda, en altitudes por encima de los 3860 msnm. Las áreas cultivadas de mayor concentración, se sitúan en el noroeste del

altiplano alrededor los poblados de Llalli, Macarí, Ayaviri, Nuñoa, Huancané y Lampa en el departamento de Puno. En Bolivia se cultiva en el departamento de La Paz en la región de Pacajes, las zonas altas de la provincia de Omasuyos y alrededor de Independencia en el departamento de Cochabamba (Bravo *et al.*, 2010).

La distribución de la cañahua se encuentra localizada principalmente en las provincias de Omasuyos, Ingavi, Los Andes, Aroma y en el departamento de Oruro, en menor área de distribución en las zonas altas de Cochabamba y en la zona norte del altiplano del Perú (Mamani, 2002).

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

### **3.1.2. Clasificación taxonómica de la cañahua**

La cañahua corresponde a la siguiente clasificación taxonómica según Mamani (1994):

Reino	: Vegetal
Subreino	: Embryobionta
División	: Magnoliophyta
Subdivisión	: Angiospermas
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Caryophyllidae
Orden	: Caryophylliales
Familia	: Chenopodiáceae

Género	: Chenopodium
Especie	: <i>Chenopodium pallidicaule</i>
N. común	: Cañahua, Kañihua, Kañiwa, etc.

### **3.1.3. Descripción botánica de la cañahua**

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

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

#### **3.1.3.1. Raíz**

La planta posee una raíz principalmente pivotante que alcanza normalmente profundidades de 15 – 30 cm pudiendo sobrepasar estas dimensiones cuando la humedad en el suelo está a mayor profundidad. Los diámetros de las raicillas laterales son muy delgadas, en cambio la raíz principal es más pronunciada y de forma más o menos cónica con una coloración ligeramente blanquecina o crema (Cano, 1973)

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

La planta de cañahua tiene raíz pivotante axonomorfa con muchas raíces secundarias (Mamani, 2002).

### **3.1.3.2. Tallo**

El tallo es estriado, de coloración que varía desde amarillento hasta morado oscuro, glabrescente, siendo una característica bastante notoria con presencia de numerosos tallos secundarios que emergen del tallo principal a poca altura del suelo, especialmente en las cañahuas Lastas, lo que le da una apariencia de ser abierta, totalmente diferente a la quinua (Cano, 1973).

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

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

El tallo es erguido, basalmente ramificada de forma corimboide, hojas simples, flores de 1 a 2 mm de diámetro, con fruto utrículo o aquenio de 0.80 a 1.80 mm de tamaño (Mamani, 2002).

### **3.1.3.3. Hojas**

Las hojas basales son alternas, con pecíolo largo y fino, generalmente romboidales y trilobadas a diferencia de las hojas apicales que son lanceoladas y semi sésiles. La

cara superior es de color verde oscuro y lisa, la cara inferior de color verde y ligeramente más claro (Cano, 1973).

Las hojas basales miden de 1 a 3 cm de largo por 0,5 a 1,8 cm de ancho, con 3 lóbulos, de los cuales el central es el más notable, terminando en ángulo obtuso. Especialmente las hojas basales presentan 3 nervios principales o bien definidas, unidas cerca de la inserción del pecíolo, mientras que en las apicales solamente se puede notar la nervadura central a lo largo de la hoja (Cano, 1973).

Mediante un estudio morfológico realizado en la cañahua, se pudo evidenciar que las hojas apicales son sésiles y las hojas basales son pecioladas, la forma del limbo es romboidal, nervadura pinnatinervada, ápice agudo, base obtusa y un borde pinnatilobulada con tres lóbulos (Alaña, 2005).

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

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

#### **3.1.3.4. Inflorescencia**

Las inflorescencias se encuentran en cimas unilaterales y axilares de las ramas, ocultas por el follaje. Las inflorescencias albergan 3 clases de flores que son de tipo



hermafroditas, femeninas y androestériles, distribuidas en forma irregular en toda la inflorescencia y solamente la flor hermafrodita con 3 estambres está presente en la parte apical de la inflorescencia (Cano, 1973).

Cada inflorescencia contiene en promedio 20 flores, de las cuales el 80 % son flores que tienen un estambre (Cano, 1973).

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

#### **3.1.3.5. Flores**

Las flores son sésiles cuando recién empiezan a florecer y con presencia de pedicelo bastante notorio después de producirse la fecundación, tornándose más pronunciado a medida que van madurando los frutos (Cano, 1973).

El perianto es simple (haploclamidea) formado por cinco sépalos, gamosépalos, acrescentes y sin pétalos. El órgano masculino está representado por estambres que varían de 1 a 3, estando en mayor porcentaje las flores de 1 estambre, mientras que el gineceo está formado por un pistilo esférico terminado en dos ramitas estigmáticas, el ovario es supero, campilótropo y unilocular, las flores pistiladas están en menor número que las hermafroditas, encontrándose muy ocasionalmente las androestériles, cuyos estambres no tienen la capacidad de producir polen viable (Cano, 1973).

El tamaño de las flores varía de 1 a 2 mm donde las flores hermafroditas con 3 estambres alcanzan 2 mm de diámetro y son las que se encuentran en la parte apical

de la inflorescencia, pero las flores hermafroditas con 1 y 2 estambres así como las pistiladas y androestériles alcanzan el tamaño de 1 mm de diámetro (Cano, 1973).

#### **3.1.3.6. Fruto**

El fruto es aquenio, de tamaño muy pequeño (2 mm de diámetro aproximadamente), cubierto por el episperma y dentro se encuentra la semilla, que puede ser de color castaño o negro, el episperma es el que contiene saponina, especialmente en las cañahuas silvestres (Cano, 1973).

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

#### **3.1.4. Habito de crecimiento**

La planta de cañahua hay tres tipos de crecimiento: “Saiwa” de tallos erguidos, “Lasta” de tallos semi erguidos y “pampa Lasta” de tallos tendidos sólo sus extremos son erguidos (Apaza, 2010).

#### **3.1.5. Requerimientos del cultivo**

##### **3.1.5.1. Clima**

Las especies vegetales cultivables para poder desarrollarse y producir requieren de ciertas condiciones ecológicas y climáticas. Las condiciones donde se desarrolla la cañahua en la zona Puna, que es aproximadamente entre los 3800 y 4200 msnm, con

una precipitación que fluctuó entre los 250 a 300 mm y una temperatura predominante fría pudiendo tolerar hasta los 6° C bajo cero sin alterar su producción (Cuba, 2005).

#### **3.1.5.2. Suelo**

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

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

#### **3.1.5.3. Fertilización**

Es generalizado que los campesinos no abonan dicho cultivo, y no se disponen de normas de abonamiento comprobadas, sin embargo en experiencias del Programa Nacional de Cultivos Andinos del INIA-Puno se observó que un abonamiento de cuatro a seis toneladas de estiércol descompuesto de ovino en una hectárea es lo más adecuado (Apaza, 2010).

El abono es aplicado manualmente al fondo del surco antes de la siembra. La cañahua responde a una fórmula de abonamiento: 40 kg de N y 20 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectarea. La falta de un abonamiento adecuado explica en parte los rendimientos bajos (Apaza, 2010).

### 3.1.6. Otras características de la cañahua

Las dos características más importantes del cultivo de cañahua son su valor nutritivo y su rusticidad, haciéndolo un cultivo con potencial de producción de grano alimenticio y de excelentes características forrajeras, en condiciones ambientales limitantes donde otros cultivos no pueden desarrollarse (Mamani, 2002).

### 3.1.7. Importancia de la cañahua

#### 3.1.7.1. Valor nutricional de la cañahua

Según Rojas *et al.* (2010), la cañahua es fuente natural de proteínas de alto valor nutritivo por la combinación de una gran cantidad de aminoácidos esenciales. Igualmente son fáciles de digerir y se consideran alimentos funcionales y con buen potencial agroindustrial (cuadro 1)

**Cuadro 1. Composición nutricional de la cañahua**

<b>CAÑAHUA</b>				
<b>Nutrientes %</b>				
Proteína	Grasa	Fibra	Ceniza	Carbohidratos
17,60	8,30	11,00	4.30	61,70
<b>Minerales por 100gr de cañahua</b>				
Calcio (mg)	Fosforo (mg)	Hierro (mg)		
113,3	250,6	5,0		
<b>Aminoácidos (gr de aminoácidos/16 gr de nitrógeno)</b>				
Lisina	Metionina	Treonina	Triptofano	
5,3	3,0	3,3	0,9	

Fuente: Granos Andinos (Rojas *et al.*, 2010).

#### 3.1.7.2. Comparación nutricional de la cañahua con otros cultivos

El valor nutritivo de los granos andinos puede variar de acuerdo a la variedad y los tipos de suelo agrícola como se ve en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Valor nutritivo de la cañahua**

<b>Componente</b>	<b>Cañahua</b>		<b>Quinua</b>	
	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Proteína %	12,76	19,00	10,21	18,39
Grasa %	2,11	14,50	2,05	10,88
Fibra %	5,45	11,12	3,46	9,68
Ceniza %	3,12	5,77	2,12	5,21
Carbohidratos%	45,72	67,70	52,31	72,98
Humedad %	4,68	14,70	4,91	15,3
Energía (Kcal/100 gr)	324,54	396,42	312,92	401,27
Granulo de almidón (u)	5,50	38,00	1,00	28,00
Azúcar invertido %	5,00	35,00	10	35
Agua de empaste %	9,00	39,00	16	66

Fuente: Granos Andinos (Rojas *et al.*, 2010).

### **3.1.7.3. Valor nutricional de los granos andinos**

El conocimiento de las características bromatológicas y nutricionales de los cultivos nativos del área andina y en particular de los granos andinos como la cañahua, quinua y otros, podría permitir mejorar el nivel nutricional, desarrollando mezclas para un balance equilibrado de nutrientes, considerando parámetros esenciales de la pirámide nutricional (Rojas *et al.*, 2010)

Se considera el uso de los granos andinos en la alimentación como alimentos funcionales ya que las cualidades de sus componentes las hacen insustituibles en la dieta. Por lo tanto, Se llaman alimentos funcionales a aquellos que tienen la característica de que cuando se ingieren, desarrollan una función esencial, no solo para nutrir si no que combinados con otros alimentos ayudan al mejor funcionamiento del organismo.

### **3.1.7.3.1. Proteínas**

Las proteínas se encuentran en todos los tejidos de los granos, pero las mayores concentraciones se encuentran en el germen y las capas exteriores. En el caso de los granos andinos (quinua, cañahua y amaranto) el nitrógeno de la semilla representa entre el 25 y 30 % de su peso total, esto ayuda a comprender por qué la proteína de estos granos es diferente a la de los cereales comunes (Rojas *et al.*, 2010).

Por otra parte los granos andinos se diferencian en cuanto a sus fracciones proteicas del trigo, de la cebada y del arroz, porque tienen mayor cantidad de albuminas y globulinas. Las proteínas solubles, albuminas y globulinas, tienen mayor contenido de aminoácidos esenciales especialmente la lisina y que las proteínas insolubles prolaminas y gluteinas, por ello su valor biológico es superior. La lisina es el primer aminoácido limitante del trigo y de casi todos los cereales comunes (Rojas *et al.*, 2010).

Los mismos autores señalan que la proteína de la cañahua es del tipo albumina y globulina, siendo este el componente más importante de las células, los tejidos y los músculos del cuerpo humano, así como la sangre, de 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, y no se almacenan en el organismo como las grasas a los hidratos de carbono. Por ello es necesario ingerirla de forma constante a lo largo de la vida.

### **3.1.7.3.2. Grasas**

Los granos andinos tienen un contenido de grasa superior al de los cereales. La mayor parte de las grasas (lípidos) se encuentran en el germen de los granos y cereales. Casi la mitad de la grasa son ácidos grasos mono-insaturados, y la otra

mitad son ácidos grasos bi y poli-insaturados (Rojas *et al.*, 2010).

Los ácidos grasos mono-insaturados tienden a enranciarse más que los ácidos grasos saturados. El valor nutritivo de los ácidos grasos insaturados son de más alto valor nutritivo que los ácidos grasos saturados, y los poli-insaturados son los que tienen máximo valor nutritivo (Rojas *et al.*, 2010).

El tipo de ácidos grasos del grano de cañahua es insaturado por ser de origen vegetal y son más saludables en relación a los ácidos grasos saturados de origen animal. Tienen también la propiedad de reducir la producción del colesterol en el organismo, y el déficit de estos ácidos grasos insaturados se manifiestan en el retraso del crecimiento, sequedad de la piel, alteración nerviosa y genital (Mujica *et al.*, 2002).

#### **3.1.7.3.3. Fibra**

Los granos andinos en general y especialmente la cañahua es apreciada por la calidad de su fibra, pues aproximadamente el 80% de esta es dietética, lo que la hace muy apreciada. La fibra dietética es única, ya que se constituye como una verdadera “escoba intestinal”, que aunque no proporciona energía ni pasa a la sangre, es un componente imprescindible en una dieta sana y equilibrada pues evita el estreñimiento y baja el colesterol (Rojas *et al.*, 2010).

El consumo de fibra tiene efectos positivos en la salud, reduce el nivel del colesterol de la sangre previniendo los problemas cardiovasculares. También se ha encontrado que una dieta rica en fibra es beneficiosa para las personas que sufren de diabetes y obesidad (Rojas *et al.*, 2010).

La composición de esta fibra es de carácter celulósica, que al pasar al organismo se

hincha con el agua aumentando varias veces su volumen, y va absorbiendo toxinas y arrastrando sustancias nocivas como los ácidos biliares precursores del colesterol. Por tanto, es necesario enfatizar que el consumo de fibra insoluble tiene efectos positivos en la salud. Las fibras solubles (pectinas, B-glucanos y pentosanas) por su parte, reducen el nivel de colesterol de la sangre previniendo así problemas cardiovasculares. La fibra es un componente imprescindible en una dieta sana y equilibrada porque evita el estreñimiento, la obesidad, los trastornos intestinales, las hemorroides, el cáncer de colon, hernias abdominales, afecciones coronarias entre otras (Mujica *et al.*, 2002).

#### **3.1.7.3.4. Minerales**

Los granos andinos son ricos en minerales tales como el hierro, fósforo y calcio ubicados en la capa de aleurona. La cañahua es especialmente rica en hierro, y la quinua y el amaranto son ricos en calcio. Investigaciones sobre el contenido de minerales han mostrado que la quinua contiene importantes porcentajes de calcio, magnesio, potasio, zinc y especialmente hierro (Rojas *et al.*, 2010).

### **3.2. Fitomejoramiento**

Mejoramiento de los caracteres heredables de las plantas por medio de las técnicas genéticas, a fin de hacerlas más eficientes para determinadas condiciones agro ecológicas. Fitomejoramiento es sinónimo de mejoramiento genético de las plantas (Chávez, 1993).

#### **3.2.1. Fitotecnia**

Conjunto de técnicas y prácticas agrícolas aplicadas a los cultivos vegetales para obtener una mejor y mayor producción (Chávez, 1993).



### **3.2.2. Fitogenética**

Estudio de la genética de los vegetales, especialmente la aplicada al mejoramiento de las plantas cultivadas (Chávez, 1993).

### **3.2.3. Mejoramiento genético de las plantas**

Arte y ciencia permite cambiar y mejorar la herencia (genotipos) de las plantas, el fitomejoramiento se encarga de seleccionar los mejores genotipos, aplicando el método científico (Chávez, 1993).

### **3.3. Mutación por radiación**

En la radiación y la consiguiente mutación sufrida por la planta, los expertos indican que con esta técnica no se añade a las plantas nuevo material genético, sólo se trata de reorganizar el propio de la planta para que ofrezca las características deseadas, ya sea mayor resistencia frente a las enfermedades, tamaño, mayores cualidades nutricionales de los alimentos, etc. Del mismo modo que la modificación genética pretende dar un salto evolutivo y mejorar rápidamente las plantas realizando recombinaciones genéticas, la mutación inducida por radiación hace lo mismo pero acelerando el proceso (FAO, 2008).

Los Mutágenos pueden ser de carácter físico o químico y con ellos se tratan determinadas partes de las plantas para provocar los cambios deseados (FAO, 2008).

Los investigadores indican que no existe peligro alguno y que las plantas no presentan ningún tipo de radiación residual. De hecho, ya se han realizado varias pruebas con buenos resultados, como por ejemplo: un tipo de cebada obtenida mediante mutación y que muestra un rendimiento de hasta un 52% más que cualquier cebada tradicional, hay que tener en cuenta, que este tipo de cebada crece a una altitud de 5.000 metros

sobre el nivel del mar, concretamente en los andes peruanos. Otro ejemplo sería una variedad de trigo cultivado en Kenia capaz de soportar la sequía extrema. La verdad es que de ejemplos de mutación inducida hay muchos, y seguramente estamos comiendo algunos alimentos desarrollados mediante esta técnica. Los expertos en el área de las radiaciones sobre cultivos y mutaciones inducidas indican que se trata de una tecnología totalmente inofensiva que puede mejorar significativamente la alimentación del planeta, pero también indican que no terminaría de solucionar el problema de la crisis alimentaria a la que nos enfrentamos (FAO, 2008).

Las Mutaciones a nivel génico llamadas también mutaciones puntuales, mayormente pequeñas selecciones de segmentos cromosómicos (Sadao, 1975).

Las mutaciones a nivel cromosómico son cambios estructurales de cromosomas o cambios en el número de cromosomas (Sadao, 1975).

Las mutaciones morfológicas (a niveles génicos o cromosómicos) producen cambios en la morfología de la planta, en las hojas, flores y espigas. También puede causar cambios en el tamaño de las plantas pueden ser de mayor o menor tamaño (Sadao, 1975).

La mutación temprana o tardía se refiere a que las plantas pueden adelantar o retrasar su madurez fisiológica, convirtiéndolos en cultivos tardíos o precoces (Sadao, 1975).

La mutación en el cambio de producto, se refiere a que puede variar el producto sintetizado las proteínas o pigmentos (Sadao, 1975).

### **3.4. Evaluación Agronómica**

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 (Jaramillo y Baena, 2000).

La evaluación se hace en función de los usos del cultivo y las características buscadas para mejorarlo. Generalmente se busca obtener mejores rendimientos, simplificación de labores culturales y resistencias a enfermedades (Querol, 1988).

### **3.5. Rendimiento**

Es la producción de fruto (granos, bayas, etc.) que tiene una determinada planta que es cultivada para el consumo humano, esto se mide en kilogramos por hectárea, para saber cuánto es la cosecha.

### **3.6. Precocidad**

La precocidad es la capacidad de las plantas y sus características individuales de las mismas para llegar a la madurez fisiológica en el menor tiempo posible para ser cosechadas.

### **3.7. Desgrane**

El desgrane es la caída del fruto (granos, bayas, etc.) durante su maduración hasta la madurez fisiológica y al momento de la cosecha, por factores climáticos como el

viento y la precipitación que hacen que la planta se mueva y caiga el fruto al suelo, y en el caso de la cañahua los granos no puede ser recogido por su tamaño reducido (Bonifacio, 2010).

### **3.8. Cambio climático**

#### **3.8.1. Variación de la producción y la precipitación en zonas agrícolas**

En un análisis de las tendencias históricas de las precipitaciones, se ha observado que hay un retraso en el periodo de inicio de las lluvias, menor concentración del periodo de lluvias, mayor intensidad en los meses más lluviosos y en algunos casos disminución de la intensidad y frecuencia de las lluvias. Los efectos por estas variaciones se traducen en menores rendimientos y producción, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria (PNUD, 2011).

Por otro lado, en esta última década ha variado considerablemente el volumen de las precipitaciones, es decir si antes llovía en cuatro meses un determinado volumen, ahora llueve en un mes lo que tenía que llover en cuatro meses (PNUD, 2011).

#### **3.8.2. Calendario agrícola**

Las variaciones de los patrones de precipitaciones en las diferentes regiones muestran que están afectando a la producción agrícola, y en consecuencia la fenología de las plantas cultivadas, lo que el calendario agrícola sea obsoleto o ya no se use. Por lo que el agricultor ha optado por mejorar sus sistemas de producción para evitar que el cambio climático afecte a los rendimientos de los cultivos agrícolas, los métodos que se están usando más son las siembras tempranas y/o tardías y el mejoramiento genético de las semillas por medio de selección y por medio de la radiación obteniendo semillas mutantes que han sido denominadas así por el reordenamiento de sus genes para crear plantas más adaptables al cambio climático

(PNUD, 2011).

El más claro ejemplo es el uso de las semillas mutantes de cañahua usadas en esta investigación para determinar su ciclo fenológico, rendimiento y precocidad.

## 4. LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la gestión agrícola 2012 – 2013 en los predios de la estación experimental de Quipaquipani (fotografía 1), perteneciente a la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) ubicada en la comunidad de Charahuayto en el municipio de Viacha de la provincia Ingavi del departamento de La Paz, las coordenadas geográficas son, longitud sur 16° 40´ 29.98” y latitud oeste 68° 17´ 58.15” y a una altitud de 3880 msnm.



**Fotografía 1. Estación Experimental de Quipaquipani (PROINPA) (Google Herat 2010).**

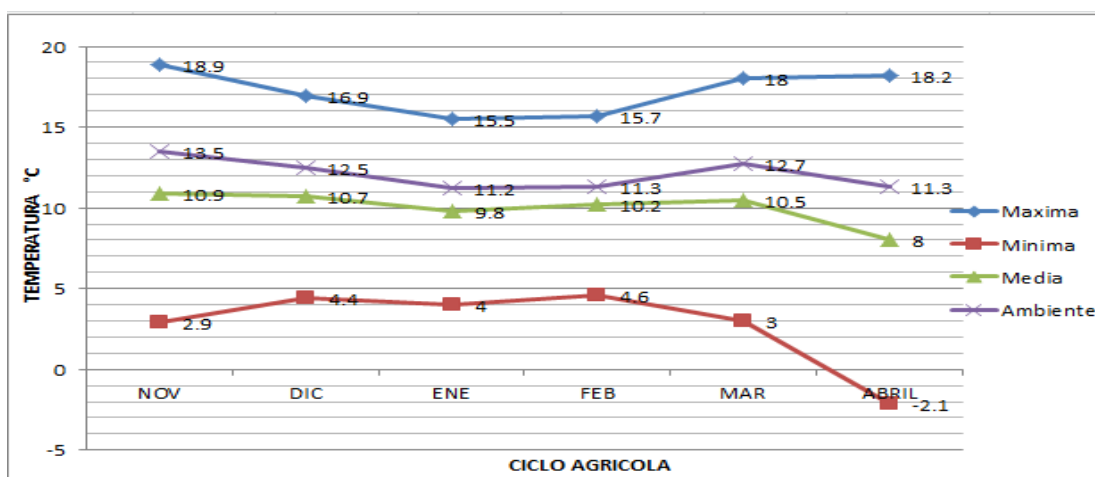
### 4.1. Características generales de la zona de estudio

#### 4.1.1. Clima

Quipaquipani presenta una precipitación media anual de 625 mm, el 60% corresponde a los meses de diciembre a marzo y el 40% de abril a noviembre. La temperatura promedio anual tiende a variar de 10 a 11 °C en verano, con promedio mínimo anual de 5.6 °C en el invierno. Las heladas se presentan con mayor frecuencia en la época de invierno (Paredes, 2012).

#### 4.1.1.1. Temperatura

En el gráfico 1, se puede observar temperaturas promedio mensuales del ciclo agrícola de las gestiones 2012 y 2013, desde el mes de noviembre del 2012 hasta abril del 2013 donde la última línea de cañahua llegó a la madurez fisiológica, las temperaturas están en °C y los datos son de la temperatura máxima, mínima, media y ambiente.



**Gráfico 1. Temperatura mensual del ciclo agrícola 2012 – 2013 (SENAMHI 2012 – 2013).**

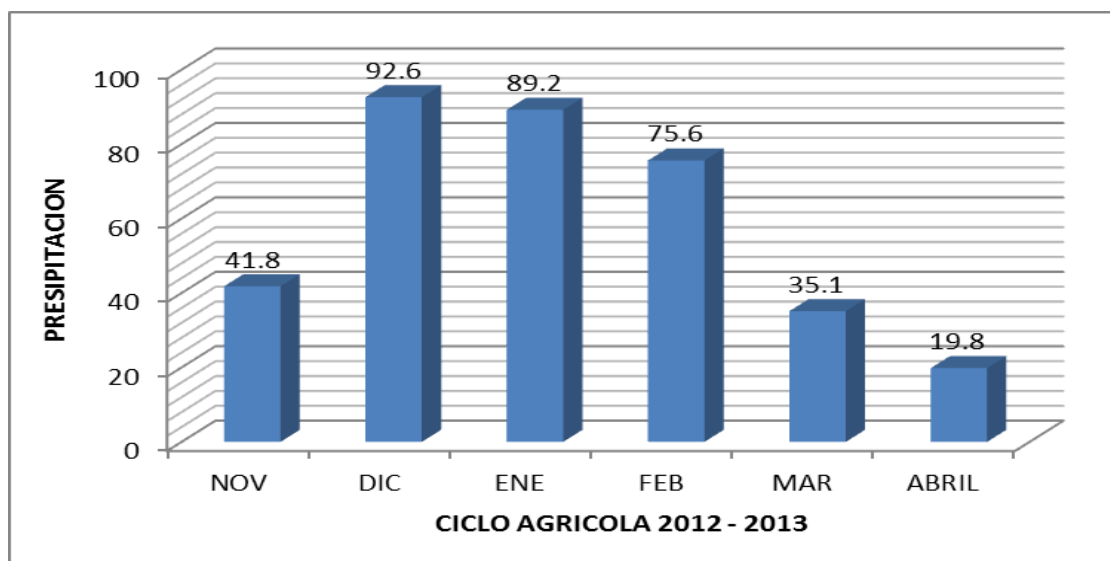
Como se puede observar el gráfico 1, hubo una temperatura media mensual ambiente relativamente estable en todo el ciclo agrícola que vario 11.2 a 13.5 °C, indica una variación de no más de 2 °C, la temperatura máxima estuvo entre 18.9, 15,5 y 18.2 °C, se puede notar que en el mes de marzo empezaron a bajar a las temperaturas mínimas desde 3 a -2.1 °C en promedios mensuales.

El 20 de marzo del 2013 cayó una helada al cultivo agrícola de la cañahua que estaba en estudio, donde la temperatura ha bajado hasta los -10 °C (SENAMHI, 2013) a los 119 días después de la siembra el cuál no afectó severamente al cultivo, por su

resistencia a las bajas temperatura.

#### 4.1.1.2. Precipitación (mm)

Los registros de precipitación de todo el ciclo del cultivo desde el mes de noviembre del 2012 al mes de abril del 2013 fue de 354.1 mm (Grafio 2).



**Gráfico 2. Precipitación mensual del ciclo agrícola 2012 – 2013 (SENAMHI 2012 – 2013).**

El gráfico 2 muestra que el mes de la siembra del cultivo hubo una precipitación media mensual de 41.8 mm, y los meses donde hubo mayor precipitación fueron en el mes de diciembre con 92.6 mm, enero con 89.2 mm y febrero con 75.6 mm, cuando las cañahuas empezaron a llegar a la madurez fisiológica las lluvias empezaron a disminuir en marzo con 35.1 mm y en abril a 19.8 mm, que favoreció las cosechas, estas precipitaciones demuestran que fue un año relativamente bueno para el cultivo de la cañahua, porque se obtuvieron buenos rendimientos.

En fecha 23 de marzo del 2013 hubo una precipitación de granizo con un diámetro



mayor a 0,5 cm a los 122 días después de la siembra del cultivo, y después de haber sufrido una helada 3 días antes SENAMHI (2013), lo que causo la caída del grano.

La quinua y más aún la cañahua son capaces de crecer en regiones semi áridas con 250 a 600 mm de lluvias (Dizes y Bonifacio, 1991).

La humedad que requiere el cultivo de cañahua es de 500 a 800 mm de lluvias, pero puede tolerar periodos prolongados de sequías (Ardaya, 2012).

#### **4.1.2. Fisiografía**

La zona de estudio corresponde al paisaje planicie, no anegadizo así mismo se puede decir que es plano con una pendiente suave de 0.56% de micro relieve liso, ondulación muy ligera, con un drenaje externo moderado y con drenaje interno moderadamente lento (Paredes, 2012).

#### **4.1.3. Suelos**

Los suelos de la zona son de origen aluvial reciente con deposiciones finas, presenta una profundidad efectiva de 25 a 32 cm considerado muy delgado de formación aluvial, con bastante facilidad de laboreo y que responde adecuadamente a la incorporación del material orgánico e inorgánico (Paredes, 2012).

#### **4.1.4. Vegetación**

La zona de referencia presenta una diversidad de especies vegetales naturales, las predominantes de la zona son:

Pino	: <i>Pino radiata</i>
Ciprés	: <i>Cupressus macrocarpa</i>

kiswara	: <i>Buddleja montana</i>
Thola	: <i>Parastrephia lapidophylla</i>
Alcachofa	: <i>Cynara scolymus</i>
Reloj reloj	: <i>Erodium cicutarium</i>
Bolsa de pastor	: <i>Capsella bursa-pastoris</i>
Pasto kikuyo	: <i>Pennisetum clandestinum</i>
Paja brava	: <i>Jarava ichu</i>
Cebadilla	: <i>Bromus catharticus</i>

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Materiales**

#### **5.1.1. Material genético**

El material vegetal que se utilizó en la investigación fueron semillas de cañahua con perigonio (14 líneas mutantes inducidas por radiación y el testigo que fue la Lasta Rosada) proporcionadas por la Fundación PROINPA.

Para la germinación en laboratorio se utilizó las semillas de cañahua obtenidas o cosechadas en la investigación realizada, las cuales se pusieron a germinar sin y con perigonio.

#### **5.1.2. Material y equipos en actividades de campo**

En las labores de campo se utilizaron los siguientes materiales:

- Preparación del terreno: Tractor agrícola con sus respectivos implementos, arado de discos y vertedero.
- Delimitación de bloques: Se utilizó una cinta métrica de 50 m, estacas de madera numeradas de acuerdo a la línea que pertenecía, de la número 1 a la 14 que eran para identificar a las líneas mutantes y la número 15 que identificaba a la línea testigo o Lasta Rosada.
- Siembra y labores culturales: Se realizó la siembra de forma manual y con una sembradora de dos surcos y para las labores culturales como el desmalezado se utilizó azadones.

- Muestreo: Se marcó 5 plantas al azar de los dos surcos centrales en cada unidad experimental de los cuatro bloques, de estas cañahuas marcadas se tomaron los datos que las variables de respuesta así lo requerían para lo cual se utilizó marbetes de 2,5 x 4 cm y lana.
- Toma de datos: Se tomó datos empleando una cámara fotográfica, descriptores fenológicos, regla metálica de 60 cm y planillas de campo.
- Cosecha de las plantas: Se cosechó muestras de un metro cuadrado con hoces y se las guardo en bolsas, para trillar la cañahua se utilizó lonas, tamizador y dos bañadores para ventear la cañahua.

### **5.1.3. Material de laboratorio**

- 90 cajas petri.
- Papel toalla.
- Pinzas.
- Marcadores y agua.

### **5.1.4. Material de gabinete**

- Computadora y calculadora.
- Paquete Estadístico SAS versión 9.8.

## **5.2. Métodos**

### **5.2.1. Métodos de campo**

#### **5.2.1.1. Diseño experimental para el estudio en campo**

Se usó un diseño de bloques completos aleatorios (Guzmán, 2003), en 60 unidades experimentales de 2x4 m, dividido en cuatro bloques, área total 525 metros cuadrados.

Bloques: B1 = I  
B2 = II  
B3 = III  
B4 = IV

Tratamientos : 15 líneas de cañahua mutantes incluida el testigo (Lasta Rosada).

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

**Y<sub>ij</sub>** : Observación cualquiera

**μ** : Media general

**β<sub>j</sub>** : Efecto del j-esimo bloque

**α<sub>i</sub>** : Efecto de la i-esima línea de cañahua

**ε<sub>ij</sub>** : Error experimental

Los resultados de los análisis de varianza obtenidos para las diferentes variables de esta investigación se los analizara con un nivel de confiabilidad del 95% y con los siguientes parámetros.

**F** : Distribución de Fisher

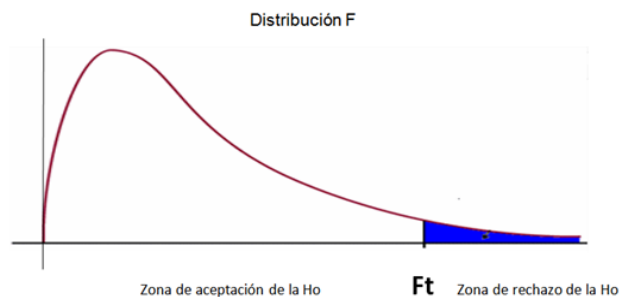
**F<sub>c</sub>** : F calculado

**F<sub>t</sub>** : F obtenido en tablas

**\*** : Diferencias significativas

**\*\*** : Diferencias altamente significativas

**H<sub>0</sub>** : Hipótesis nula



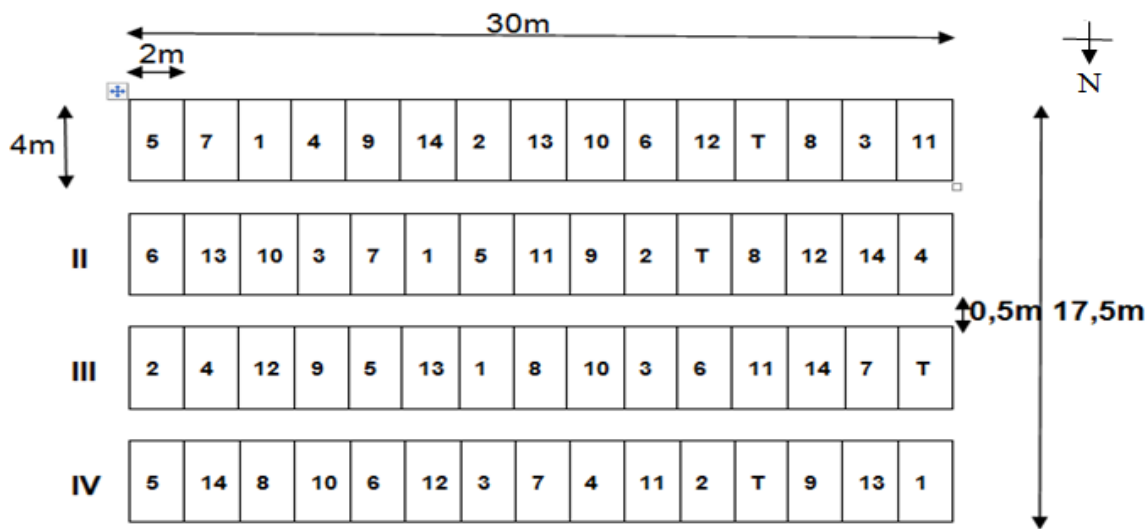
**Figura 1. Distribución de Fisher**

Si  $F_c < F_t$  se acepta la  $H_0$

Si  $F_c > F_t$  se rechaza la  $H_0$

**5.2.1.1.1. Croquis experimental para las variables tomadas en campo**

La figura 2 presenta la distribución de las unidades experimentales en campo.



**Figura 2. Representación del croquis experimental en la Estación Experimental de Quipaquipani.**

#### **5.2.1.1.2. Características del campo experimental**

Área total del ensayo	: 525 m <sup>2</sup>
Área de cada bloque	: 120 m <sup>2</sup>
Área neta del ensayo	: 480 m <sup>2</sup>
Área por unidad experimental	: 8 m <sup>2</sup>
Distancia entre surcos	: 0.5 m
Longitud de surcos	: 4 m
Número de surcos por unidad experimental	: 4
Número de líneas / tratamientos	: 15

#### **5.2.1.2. Variables de registro**

El registro de variables se realizó durante todo el ciclo agrícola de las 15 líneas de cañahua, para lo cual fueron consideradas variables cuantitativas y variables cualitativas.

La evaluación del ciclo fenológico de cada línea se realizó observando el total de las plantas de cada unidad experimental, para evaluar la altura y número de ramas se seleccionó 5 plantas en cada unidad experimental escogidas al azar de los dos surcos centrales para evitar el error de borde, que se las identificó con marbetes para seguir tomando datos durante todo su ciclo vegetativo.

##### **5.2.1.2.1. Días a la emergencia (DE)**

Se determinó por medio de la observación directa, contabilizando el número de días transcurridos desde la siembra hasta la emergencia, cuando las hojas cotiledóneas emergieron por encima del suelo, que fue más del 50% de las plantas en toda la unidad experimental.

#### **5.2.1.2.2. Días a inicio de ramificación**

Se determinó los días transcurridos desde la siembra hasta que el más del 50% de las plantas en la unidad experimental tenga dos hojas verdaderas o más, es cuando se inicia la fase de ramificación.

#### **5.2.1.2.3. Días a la floración (DF)**

Se evaluó que más del 50% de las plantas en cada unidad experimental estén en la etapa de floración, en las ramas principales que presentaban flores abiertas y se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la floración.

#### **5.2.1.2.4. Días a grano lechoso (DGL)**

En esta etapa la evaluación fue más constante después de los 5 días de la floración, se hizo pruebas constantes de apretar el grano de cañahua de algunas plantas y si el líquido era blanquecino lechoso y eran más del 50% de las plantas que se encontraban en esta etapa se contabilizaba el número de días transcurridos y se lo registraba.

#### **5.2.1.2.5. Días a grano pastoso (DGP)**

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



#### **5.2.1.2.6. Días a la madurez fisiológica (DMF)**

Se registró el número de días que trascurrieron desde la siembra hasta que el 50% de las plantas alcanzaron la madurez fisiológica. Esta fase fenológica se caracterizó por la diferenciación a simple vista del episperma y del embrión, la semilla difícilmente era aplastada bajo la presión de las uñas, por lo que las plantas de la unidad fueron cosechadas.

#### **5.2.1.2.7. Altura de planta (AP)**

La altura de la planta fue medida en centímetros y se la realizó en cada fase fenológica y en la madurez fisiológica antes de ser cosechadas para saber el ritmo de crecimiento al llegar a cada etapa y se lo hizo desde el cuello hasta el ápice de las 5 plantas en observación, sacando un promedio de cada unidad experimental de las 15 líneas de cañahua.

#### **5.2.1.2.8. Número de ramas primarias (NRP)**

Para esta característica se contó el número de ramas primarias del tallo principal, se contabilizó las ramas desde la base hasta el segundo tercio de la planta durante la fase de la madurez fisiológica que fue la cosecha.

#### **5.2.1.2.9. Rendimiento del grano de cañahua**

Para cuantificar el rendimiento de la cañahua, se realizó la cosecha de las plantas de cañahua, 5 cm por encima del cuello, de un metro cuadrado por unidad experimental de las 15 líneas que se transformó en kg/ha para un mejor análisis estadístico, se las almaceno hasta que estuvieran secas por aproximados 30 días, después de este tiempo de secado se pisó las plantas de cada unidad experimental en una lona para sacar todo el grano ya que las hojas modificadas no dejaban caer el grano con

facilidad, posteriormente se puso el total de la planta en una bolsa de plástico para ser pesada. El dato obtenido fue el peso total de las plantas cosechadas de un metro cuadrado, que equivale a la broza más el grano. Una vez trillado y venteado, quedó el grano que aún tenía el perigonio que también se pesó, obteniendo así el segundo dato que es grano con perigonio, este grano fue friccionado y estrujado sobre una lona, para separar el grano del perigonio y por otro lado el jipi del perigonio (fue calculado en gabinete con la fórmula que se muestra más abajo), para lo cual se venteo nuevamente y se pesó el grano sin perigonio.

$$PB = PTP - PG$$

$$PJ = PG - PGP$$

Dónde: PB = Peso de la broza  
PTP = Peso total de la planta  
PG = Peso del grano  
PJ = Peso del jipi (perigonio)  
PGP = Peso del grano sin perigonio

#### **5.2.1.2.10. Pureza del grano**

La pureza se refiere al grano limpio, libre de impurezas como pequeños palitos piedritas y del perigonio que se convirtió en jipi, dato que es el mismo que grano sin perigonio expresado en rendimiento (kg/ha).

#### **5.2.1.2.11. Índice de cosecha (IC)**

El índice de cosecha se determinó tomando como base la relación entre el peso seco del grano y el peso total de la planta (grano y broza), se utilizó los pesos del grano y la

broza que se obtuvo de las plantas de un metro cuadrado. Para el cálculo del índice de cosecha se utilizó la siguiente fórmula adaptada por Mamani (1994).

$$IC = PG / (PB + PG)$$

Dónde: IC = Índice de la cosecha  
PG = Peso de grano.  
PB = Peso de broza.

#### **5.2.1.2.12. Caducidad del grano o desgrane de la planta (CG)**

Esta característica consiste en la persistencia del grano en la planta durante la fase de la madurez fisiológica y durante la cosecha.

El desgrane del cultivo de cañahua fue evaluado con dos telas de 0.5 x 1 m que hacían el metro cuadrado y fueron puestas en el suelo debajo de las plantas con clavos anclados en las esquinas para evitar cualquier movimiento durante la toma de datos (fotografía 2), se tomaron datos del desgrane cada 5 días a partir de los 110 días y después de una granizada y finalmente antes y durante la cosecha, recogiendo el grano caído sobre las telas en bolsas para luego ser pesadas y anotadas en la planilla de datos.



**Fotografía 2. Cañahuas mutantes con dos telas para recoger el grano caído al suelo.**

#### **5.2.1.3. Preparación y delimitación del terreno experimental**

El terreno fue removido y nivelado a principios de noviembre del 2012 después de las precipitaciones, a una profundidad de 30 cm esto para establecer un terreno apto para la siembra de cañahua, en un área de 17.5 x 30 m.

El área total del terreno que se utilizó fue de 525 m<sup>2</sup>, que a su vez ha sido dividido en 4 bloques de 30 x 4 m, con una separación entre bloques de 0,5 m que sirvió de pasillo, cada bloque fue dividido en 15 unidades experimentales de 2 x 4 m, donde se sembró cuatro surcos de 4m de largo y espacios entre surco de 0,5 m para cada línea de cañahua, lo cual permitió realizar las comparación entre líneas.

#### **5.2.1.4. Siembra**

La siembra de las 15 líneas de cañahua, se realizó el 22 de noviembre del 2012, el método de siembra empleado fue a chorro continuo en cuatro surcos por unidad experimental, para lo cual se utilizó una sembradora manual de dos surcos a una distancia entre surcos de 0,5 m y una profundidad de 1.5 cm aproximadamente lo más uniforme posible para evitar que esto influyera en el experimento. La cantidad de semilla utilizada fue 5 kg/ha, lo que para cada unidad experimental de 8 m<sup>2</sup> se empleó 4 gr de semilla y 0,5 gr/m<sup>2</sup>, las 14 líneas de cañahua mutantes y el testigo (Lasta Rosada), se distribuyeron aleatoriamente en cada bloque sacando bolillos marcados con cada línea para ubicar el lugar que le correspondía en el bloque.

#### **5.2.1.5. Labores agrícolas**

Se realizaron desmalezados en el cultivo cuando fue necesario, en dos fechas:

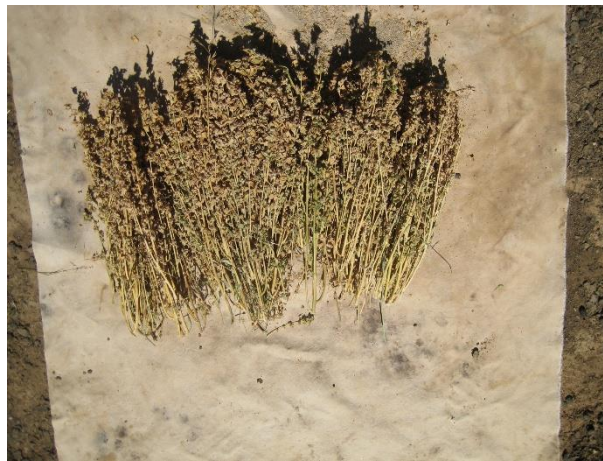
El primer desmalezado se realizó el 29 de diciembre del 2012 a los 15 días después de la emergencia de la última línea, con azadones y además del desmalezado se hizo la remoción del suelo sacando al aire las raíces de las hierbas para que se sequen con el sol y mueran definitivamente, esto se realizó después de una precipitación porque el suelo estaba suelto y así no perturbó la estructura del suelo.

El segundo deshierbe se realizó el 2 de febrero del 2013 a los 42 días después de que el cultivo había emergido como ya no habían tantas malezas y se aprovechó para realizar el aporque, que sirvió para que las raíces de las plantas tuvieran mayor soporte para la planta.

#### **5.2.1.6. Cosecha**

La cosecha del material genético de la investigación se lo realizó de las líneas de cañahuas mutantes de acuerdo a lo que cada unidad experimental llegaba a la madurez fisiológica y se empezó desde 23 de marzo hasta concluir el 11 de abril, del ciclo agrícola 2012 – 2013, que empezó a los 116 días y termino a los 141 días después de la emergencia del cultivo de acuerdo al ciclo vegetativo de cada línea.

El corte de las plantas fue desde 5 cm por encima del cuello de la planta y se efectuó con hoces, y cada muestra cosechada fue depositada en un saco de plástico para evitar la pérdida de grano, los cuales tenían pequeños orificios por donde circulaba el aire y así las plantas cosechadas de cada línea se secaron sin deteriorarse ni podrirse, para posteriormente ser trasladado a un deposito hasta su trilla y venteado (fotografías 3 y 4).



**Fotografía 3. Cañahua de una línea mutante cosechada de un metro cuadrado.**



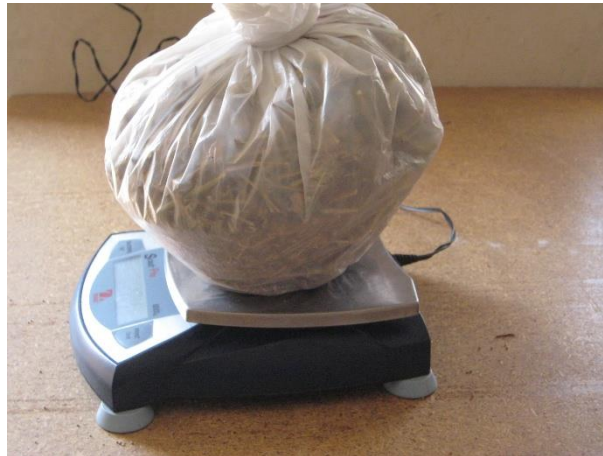
**Fotografía 4. El grano de cañahua separado de la broza con un cernidor.**

La trilla y el venteado fue en forma manual e individual para cada línea de cañahua mutante, como las hojas de las cañahuas mutaron o modificaron en el sentido de que estas mismas se fueron serrando alrededor del grano para evitar su caída durante todo su ciclo, estas hojas modificadas al ir secando se cerraron más por lo que el grano no salía con facilidad, y fue necesario friccionar y triturar las plantas con mayor fuerza como se observa en la fotografía 4 para que salga todo el grano de las plantas a través del tamizador, así de esta forma separar el grano con perigonio de la broza, que luego se las venteó con dos bañadores para obtener solo el grano, luego se realizó la limpieza de la semilla separando el jipi del perigonio, para obtener los rendimientos de grano con perigonio y sin perigonio. Antes de realizar la trilla y en cada paso hasta llegar al grano limpio (grano sin perigonio) se realizó el pesado en una balanza de precisión para cada línea y obtener los datos requeridos como se ve en las fotografías 5 y 6.





**Fotografía 5. Balanza de precisión y materiales para el pesado y toma de datos del grano de cañahua.**



**Fotografía 6. Pesado de la cañahua cosechada por metro cuadrado.**

## **5.2.2. Métodos en laboratorio**

### **5.2.2.1. Diseño experimental para la germinación (laboratorio)**

Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (Guzmán, 2003), donde se usó 90 cajas petri, para cada factor 45 cajas petri dentro de las cuales se dividió en grupos de 15, para que las 15 línea de cañahua tengan tres repeticiones.



**Factor A**, es el factor en que las semillas de cañahua están con perigonio y sin perigonio (semillas limpias).

Factor a1: Semillas sin perigonio

Factor a2: Semillas con perigonio

**Factor B**, son las diferentes líneas de cañahua.

Factor b1: Línea 1

Factor b2: Línea 2

Factor b3: Línea 3

Factor b4: Línea 4

Factor b5: Línea 5

Factor b6: Línea 6

Factor b7: Línea 7

Factor b8: Línea 8

Factor b9: Línea 9

Factor b10: Línea 10

Factor b11: Línea 11

Factor b12: Línea 12

Factor b13: Línea 13

Factor b14: Línea 14

Factor b15: Línea 15 (Testigo)

Tratamientos para la germinación de semillas en laboratorio.

<b>Sin perigonio</b>	<b>Con perigonio</b>
T1 = a1 b1	T16 = a2 b1
T2 = a1 b2	T17 = a2 b2
T3 = a1 b3	T18 = a2 b3
T4 = a1 b4	T19 = a2 b4
T5 = a1 b5	T20 = a2 b5
T6 = a1 b6	T21 = a2 b6
T7 = a1 b7	T22 = a2 b7
T8 = a1 b8	T23 = a2 b8
T9 = a1 b9	T24 = a2 b9
T10 = a1 b10	T25 = a2 b10
T11 = a1 b11	T26 = a2 b11
T12 = a1 b12	T27 = a2 b12
T13 = a1 b13	T28 = a2 b13
T14 = a1 b14	T29 = a2 b14
T15 = a1 b15	T30 = a2 b15

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ij}$$

**Y<sub>ij</sub>** : Observación cualquiera

**μ** : Media general

**α<sub>i</sub>** : Efecto del i-esimo nivel del factor A

**β<sub>j</sub>** : Efecto del j-esimo nivel del factor B

**αβ<sub>ij</sub>** : Interacción del i-esimo nivel del factor A con el j-esimo nivel del factor B  
(interacción A x B)

**ε<sub>ij</sub>** : Error experimental

### 5.2.2.1.1. Croquis experimental para la germinación (laboratorio)

La figura 3 presenta la distribución de las unidades experimentales en laboratorio, cada unidad experimental es una caja petri con su respectiva tapa con una base de papel toalla en la cual se puso las 50 semillas con y sin perigonio con una cantidad determinada de agua para la germinación.

#### Sin perigonio

I	T1	T4	T9	T3	T13	T11	T6	T5	T14	T10	T8	T12	T2	T15	T7
II	T10	T5	T11	T9	T1	T12	T7	T15	T2	T8	T13	T4	T6	T3	T14
III	T4	T12	T2	T8	T6	T10	T13	T3	T14	T7	T5	T1	T15	T9	T11

#### Con perigonio

I	T20	T29	T23	T25	T21	T27	T18	T22	T19	T26	T17	T30	T24	T28	T16
II	T17	T19	T27	T24	T20	T28	T16	T23	T25	T18	T21	T26	T29	T22	T30
III	T28	T20	T26	T24	T16	T27	T22	T30	T17	T23	T25	T19	T21	T18	T29

**Figura 3. Representación del croquis experimental en el laboratorio de la Estación Experimental de Quipaquipani.**

### 5.2.2.2. Variables de registro en laboratorio

#### 5.2.2.2.1. Color del pericarpio (CPR)

Para determinar el color del pericarpio se usó como referencia la tabla de colores de Munsell (IPGRI, 2005).

Amarillo claro      79, 80, 81, 85

Amarillo            82, 84

Verde amarillento   46, 47, 49, 50.

Verde agua	86, 87, 88
Verde claro	35, 44, 45, 48
Verde oscuro	36, 37, 38, 39, 43
Verde azulado	89, 90
Crema suave	73, 74
Crema oscuro	69, 75
Pajizo	77, 78, 96
Canela	56, 57
Rosado claro	13, 15
Rosado	16, 17, 18
Rosado oscuro	14
Dorado	60, 61, 62, 63
Anaranjado	67, 68, 70, 83
Rojo	7, 8, 9
Café amarillento	52, 58, 59
Café claro	71, 72
Café oscuro	1, 51, 53
Café rojizo	5, 6
Púrpura pálido	12
Púrpura	3, 4, 10, 11
Morado	2, 20
Gris	97, 98, 99
Negro	25, 100

Los números más altos tienen colores más intensos.

#### **5.2.2.2. Germinación de las semillas obtenidas en campo**

Para evaluar esta variable se tomó una muestra compuesta de los cuatro bloques de una misma línea, que se dividió en dos factores semillas sin perigonio y con perigonio para las 15 líneas de cañahua, tres repeticiones por cada línea de cañahua, haciendo un total de 45 observaciones por factor, se contó 50 semillas para cada línea en observación, posteriormente se preparó 90 cajas petri con un fondo de papel toalla para retener la humedad, 45 para las semillas sin perigonio y 45 para las semillas con perigonio, al terminar de preparar la cajas petri con semillas de cañahua se las mojó con agua y se las tapó con las tapas marcadas (sin o con perigonio, número de línea y repetición), se tomaron datos de la germinación a las 24, 36 y 48 horas.

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1. Resultados y discusión para las variables tomadas en campo**

#### **6.1.1. Días a la emergencia**

La fotografía 7 presenta el campo experimental con cañahuas emergidas y con sus hojas cotiledóneas.



**Fotografía 7. Cañahuas emergidas con hojas cotiledones.**

Como se observa en el cuadro 3, no hay diferencias significativas entre líneas porque todas las cañahuas en estudio tuvieron un similar número de días promedio a la emergencia y entre bloques las diferencias son altamente significativas por las diferentes características bloqueadas del suelo, con una confiabilidad del 95%.

Esto se pudo deber a que las semillas de cañahuas mutantes y las semillas del testigo Lasta Rosada tienen el mismo poder germinativo gracias a los nutrientes de reserva y que por esto no necesitan de los nutrientes del suelo para germinar ni para emerger, por eso no hay diferencias estadísticas en los días a la emergencia entre líneas.

**Cuadro 3. Análisis de varianza para el número de días a la emergencia**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	894.850	298.283	13.79	2.761	**
Línea	14	263.733	18.838	0.87	1.863	NS
Error	42	908.400	21.629			
Total	59	2066.983				
CV	29.9					

### 6.1.2. Días a inicio de la ramificación

Como se ve en la fotografía 8, las plantas de cañahua empiezan la etapa de ramificación.



**Fotografía 8. Cañahua en la fase de inicio de ramificación.**

El cuadro 4 muestra que entre bloques se determinó que existe diferencia significativa, por lo tanto se puede decir que estadísticamente la pendiente del suelo tuvo efecto directo en los resultados del ensayo y que el bloque contribuyó en la precisión para detectar las diferencias en los tratamientos. En la etapa del inicio de ramificación vemos que no hay diferencias estadísticas entre las 15 líneas por lo tanto todas las cañahuas en estudio tuvieron un número de días similares en promedio hasta esta etapa, lo que se pudo deber a que la precipitación durante esta fase no fue la adecuada y tampoco fue constante por lo observado en campo hubo periodos largos

entre las precipitaciones y después de esta etapa se duplica la precipitación mensual.

Los días al inicio de ramificación entre las líneas en estudio, muestra un coeficiente de variación de 18.4 % lo que indica que los resultados del experimento son confiables y el experimento fue manejado con eficiencia.

**Cuadro 4. Análisis de varianza para el número de días a inicio de la ramificación**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	1008.183	336.061	8.80	2.761	*
Línea	14	602.100	43.007	1.13	1.863	NS
Error	42	1604.567	38.204			
Total	59	3214.850				
CV	18.4					

### 6.1.3. Días a la floración

En la fotografía 9 se puede ver que las plantas de cañahuas empiezan a florecer las inflorescencias tanto en el tallo principal como en las ramas primarias.



**Fotografía 9. Cañahua con inflorescencia.**

Analizando el cuadro 5 para el número de días promedio a la fase de la floración, se observa diferencias significativas entre bloques lo que muestra la eficiencia del diseño



experimental y se puede ver con mayor precisión la variabilidad entre los tratamientos, y hay diferencias significativas entre líneas lo que nos indica que las líneas tuvieron diferentes promedios de días hasta la fase de floración, existiendo líneas precoces y líneas tardías en el experimento, con un nivel de confiabilidad del 95%.

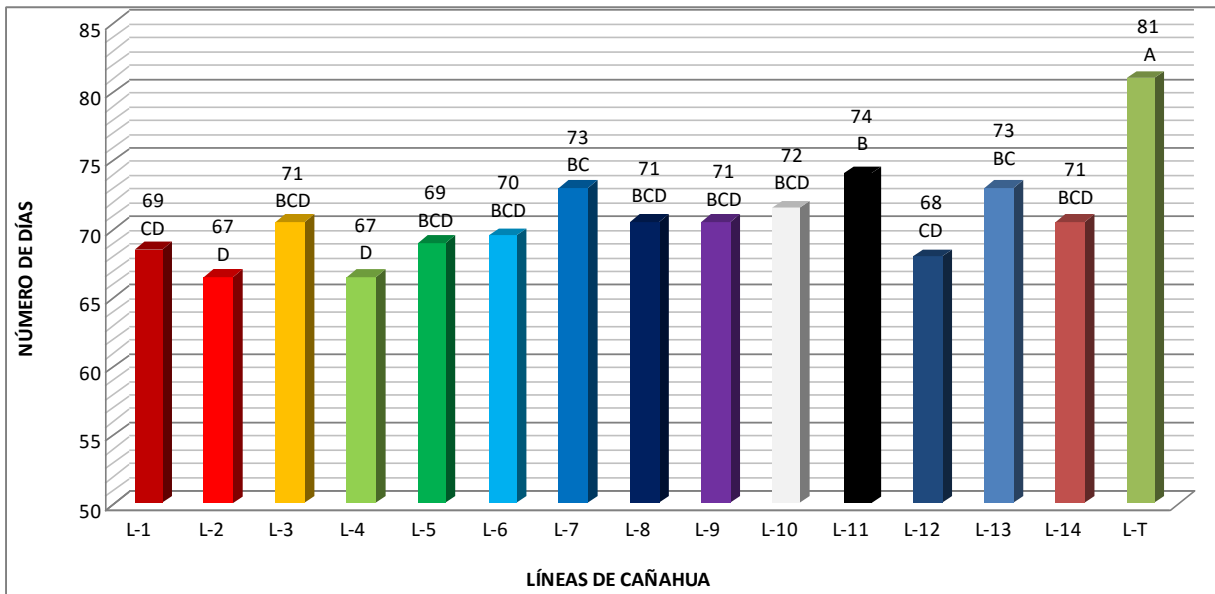
El cuadro 5 presenta un CV de 4.6 %, lo que indica la confiabilidad de los resultados obtenidos para esta variable.

**Cuadro 5. Análisis de varianza para el número de días a la floración**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	275.400	91.800	8.69	2.761	*
Línea	14	719.333	51.381	4.86	1.863	*
Error	42	443.600	10.562			
Total	59	1438.333				
CV	4.6					

El gráfico 3 expresa los resultados de la comparación múltiple de Duncan (anexo 10) para el número de días promedio a la fase de floración, la línea testigo o número 15 (variedad Lasta Rosada que para este experimento se la escribirá como la línea 15) fue la más tardía con 81 días hasta la floración y las más precoces con 67 días son las líneas 2 y 4, habiendo un intermedio de días hasta la fase de la floración de 69 a 72 días que son las líneas 10, 14, 8, 3, 9, 6 y 5.

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



**Gráfico 3. Promedio de días a la fase de floración.**

#### 6.1.4. Días a grano lechoso

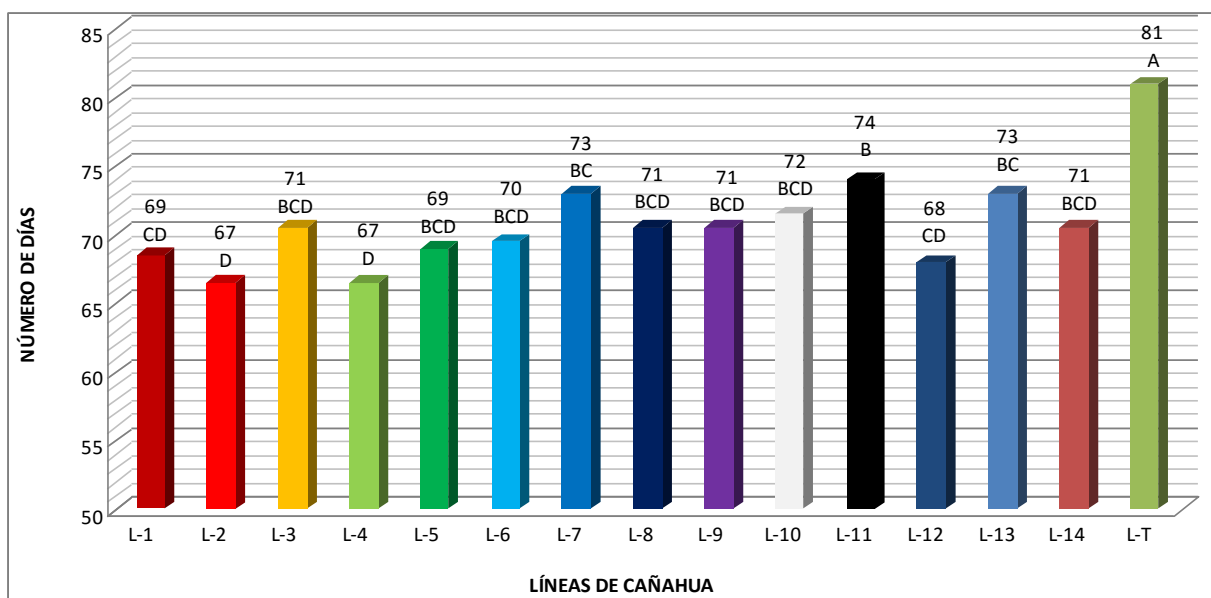
El CV 3.1 % en el cuadro 6 demuestra que los datos u observaciones tomados en campo para esta variable son confiables por lo que el experimento fue bien manejado, la diferencia entre bloques son significativas lo que indica la precisión del diseño en la investigación y contribuirá a detectar con mayor eficiencia las diferencias entre líneas y las diferencias altamente significativas entre líneas revela que el promedio de días a la fase de floración son diferentes y se deduce que hay cañahuas tempranas o precoces y tardías.

**Cuadro 6. Análisis de varianza para el número de días a grano lechoso**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	121.383	40.461	5.68	2.761	*
Línea	14	3703.433	264.531	37.11	1.863	**
Error	42	299.367	7.128			
Total	59	4124.183				
CV	3.1					

El gráfico 4 muestra dos grupos de cañahuas con diferencias muy marcadas, entre las líneas mutantes del 1 al 14 que tienen un promedio de días similares a la fase de grano lechoso la variación esta entre 82 a 86 días siendo las precoces, y la más tardía es la línea 15 o testigo con 116 días a la fase ya mencionada anteriormente, la gráfica fue realizada con los resultados da la prueba de medias de Duncan (anexo 11).

Lo que podemos deducir del gráfico 4 es que en esta fase las cañahuas mutantes tienden a madurar antes el grano que la línea testigo.



**Gráfico 4. Promedio de días a la fase de grano lechoso.**

#### 6.1.5. Días a grano pastoso

El cuadro 7 del análisis de varianza para el número de días a la fase de grano pastoso muestra un 2.3 % de coeficiente de variación, lo cual muestra la confiabilidad de los datos.

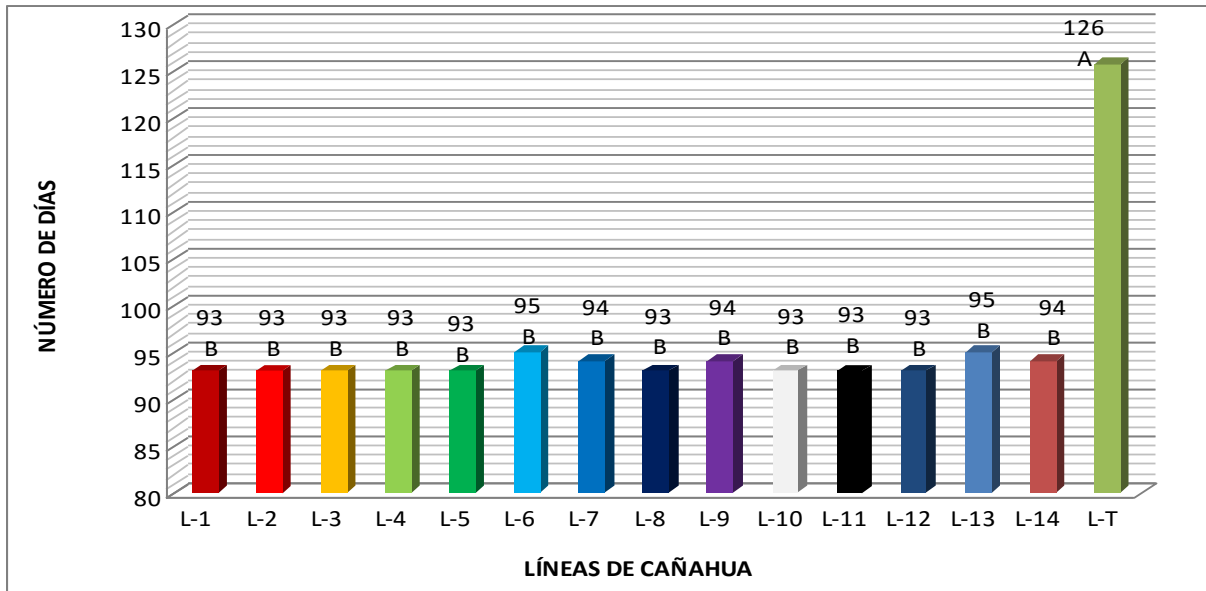
Analizando el cuadro 7 las diferencias son altamente significativas entre las líneas de cañahua para los días a la fase de grano pastoso se determina que hay líneas de cañahuas más precoces que otras, como en los bloques las diferencias son significativas porque las características del suelo son diferentes entre bloques, las variaciones de las características del suelo fueron bien bloqueadas.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para el número de días a grano pastoso**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	60.183	20.061	4.12	2.761	*
Línea	14	3912.900	279.493	57.38	1.863	**
Error	42	204.567	4.871			
Total	59	4177.650				
CV	2.3					

El gráfico 5 realizado con los resultados de la prueba de medias de Duncan (anexo 12) muestra que el tiempo o número de días a la fase de grano pastoso en las 14 líneas de cañahua mutantes fueron similares con un promedio de 93 a 95 días, la más tardía a esta fase es la línea testigo 15 con 126 días, la diferencia que existe entre el testigo y las líneas mutantes es claramente amplia.

Esto nos indica que en las líneas mutantes el grano madura antes que en la línea testigo, que se vio también en la anterior etapa de grano lechoso (gráfico 4), y también se ve claramente en esta etapa (gráfico 5).



**Gráfico 5. Promedio de días a la fase de grano pastoso.**

#### 6.1.6. Días a la madurez fisiológica

El cuadro 8 del análisis de varianza para los días a la madurez fisiológica, reporta la diferencia altamente significativa entre bloques, indica que las características del suelo que fueron bien bloqueadas e influyeron sobre el número de días a la madurez fisiológica en las líneas de cañahua en estudio, las características del suelo bloqueadas fueron la pendiente de 0.56 % y la fertilidad del suelo, donde pudo existir arrastre del suelo fértil (capa arable) durante las precipitaciones debido a la pendiente, las diferencias entre líneas son altamente significativas, por lo que hay líneas precoces y tardías que se debe no solo las diferencias del suelo sino también a que se usaron semillas mejoradas por radiación inducida.

Los datos fueron tomados correctamente y son confiables que se corrobora con el coeficiente de variación que es igual a 2.4 %.

**Cuadro 8. Análisis de varianza para el número de días a la madurez fisiológica**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	739.733	246.578	27.09	2.761	**
Línea	14	1038.000	74.143	8.15	1.863	**
Error	42	382.267	9.102			
Total	59	2160.00				
CV	2.4					

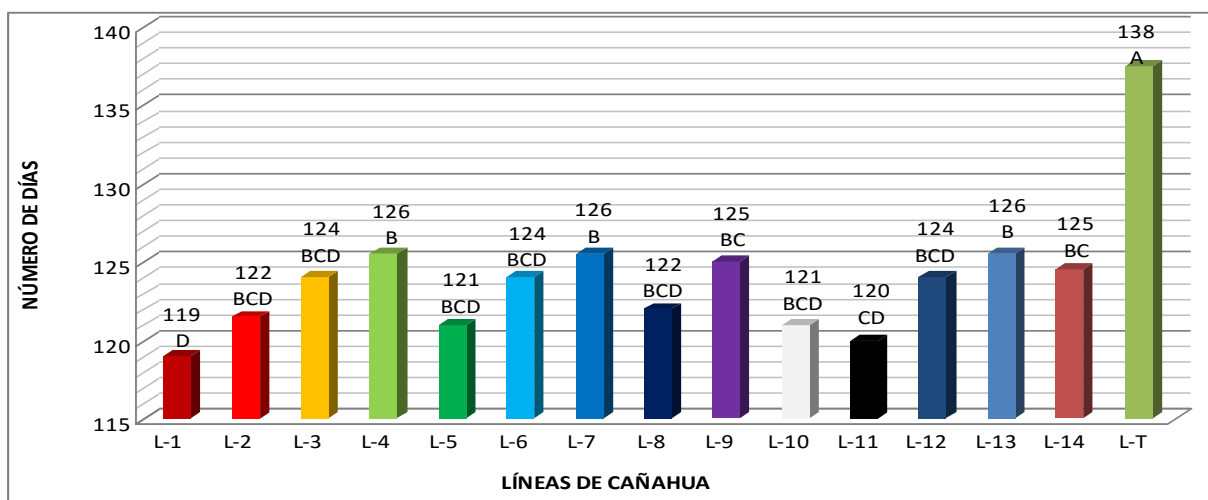
El gráfico 6 presenta las medias de los días a la madurez fisiológica, la línea más precoz es la número 1 con 119 días promedio a esta fase fenológica y sería la más recomendable para ser propagada por esta característica, las otras líneas mutantes que maduraron progresivamente desde los 120 hasta los 126 días como se ve en el gráfico, se ve claramente la diferencia con la línea 15 que tiene un promedio de días hasta la cosecha de 138 días que fue la más tardía comparada con las otras líneas en estudio.

El gráfico 6 elaborado con resultados de la prueba de medias de Duncan para los días a la madurez fisiológica (anexo 13), indica que las líneas más precoces tienen un promedio de 119 a 124 días, grupo formado por 9 líneas con medias similares (1, 11, 10, 5, 2, 8, 12, 6 y 3), las líneas mutantes 1 y 11 son las más precoces con 119 y 120 días respectivamente. Por otra parte, un grupo de líneas cuyas medias son similares en días a la madurez fisiológica de 121 y 125 días son las líneas mutantes 10, 5, 2, 8, 12, 6, 3, 14 y 9 en el orden dado como se ve en el gráfico de abajo y el testigo o línea 15 es la más tardía con 138 días promedio hasta la madurez fisiológica.

Lo que podemos deducir del gráfico 6 es que las líneas más precoces son la línea 1, 11, 10 y 5, por lo tanto serían las más recomendables para lugares con climas muy variables.

Comparando la presente investigación donde se obtuvo un promedio de días de 119 a 126 para las cañahuas mutantes, se puede decir que se mostraron como cañahuas precoces, según Coarite (2014) quien obtuvo un promedio de 135 a 143 días hasta la madurez fisiológica para cañahuas tipo Lasta como la Kullaca, Illimani, Waricuna y Umacutama, en cambio Aro (2015) reporta que para estos mismos cultivares el promedio de días hasta la madurez fisiológica es de 142 a 149 días, el testigo de esta investigación la Lasta Rosada reporto 138 días hasta la madurez fisiológica lo que muestra que está en el promedio de días hasta la cosecha.

No hay mucha relación en el promedio de días del testigo (Lasta Rosada) con las líneas mutantes a pesar que las líneas mutantes de la 1 al 14 son cañahuas inducidas por radiación de la variedad Lasta Rosada, esto se debe a que con la radiación la cañahuas mutantes así denominas reorganizaron su material genético (FAO, 2008) haciéndolas más precoces, esto empezó a notarse más desde la etapa del grano lechoso donde las cañahuas mutantes maduraron antes el grano y también llegaron antes a la madurez fisiológica como se ve en el gráfico 7.



**Gráfico 6. Promedio de días a la fase de madurez fisiológica.**

(Tiempo usado en porcentaje línea 1 comparada con la línea testigo Lasta Rosada:  $(119 \cdot 100) / 138 = 86\%$ ;

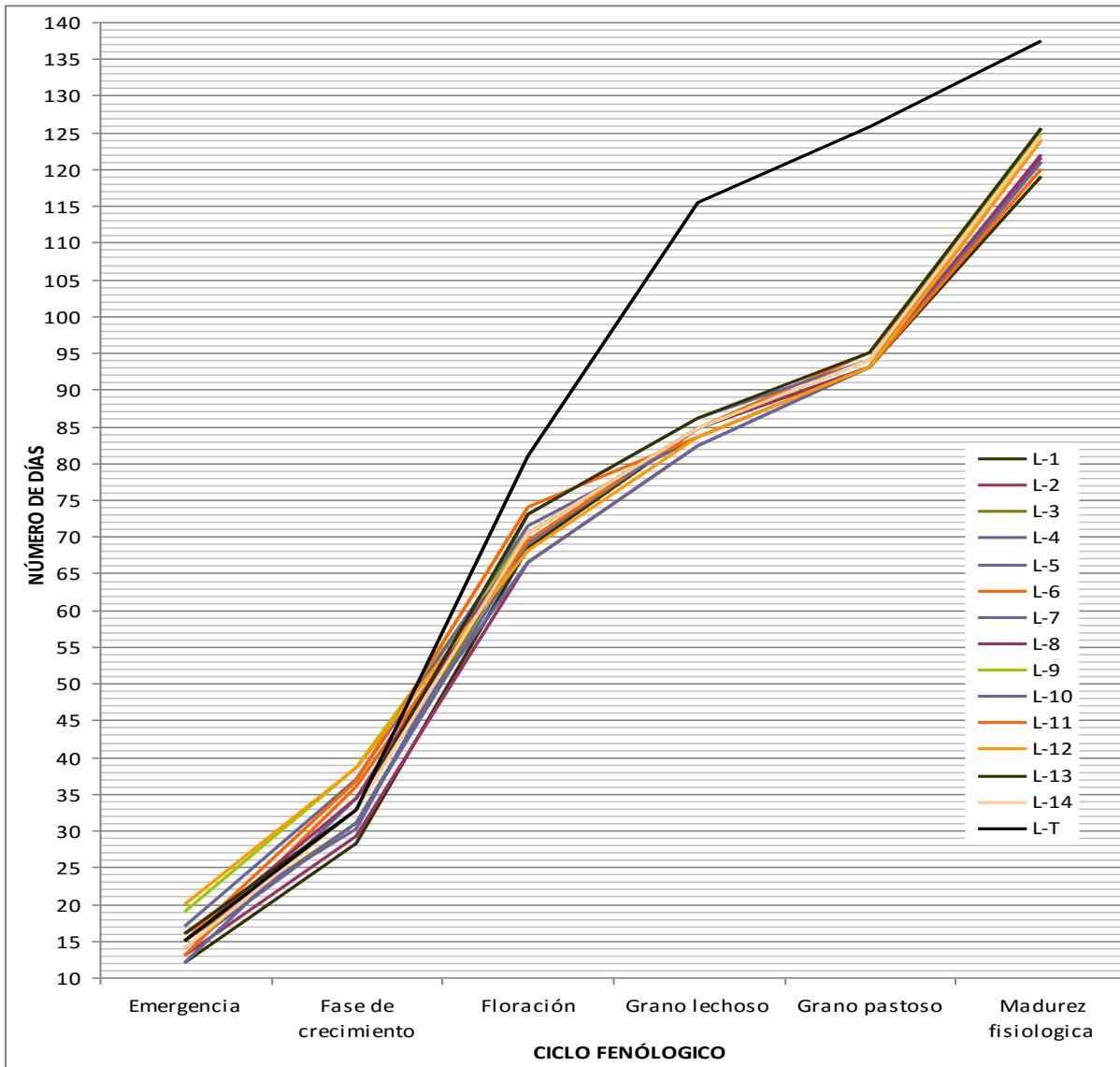
Tiempo usado en porcentaje línea 4 comparada con la línea testigo Lasta Rosada:  $(125 \cdot 100) / 138 = 90\%$ )

El gráfico 7, muestra como fue el crecimiento de las 15 cañahuas en estudio, y podemos decir que el crecimiento fue casi igual o similar hasta la floración, donde se empiezan a distinguir las líneas más precoces que son las mutantes de la 1 a la 14 que tienen un crecimiento similar y la más tardía que sería el testigo la cañahua 15 (Lasta Rosada), haciendo una comparación entre las cañahuas en estudio, la línea 1 mutante fue la más precoz con 119 días a la madurez fisiológica, usando solo el 86% del tiempo que el testigo Lasta Rosada usa en llegar a la madurez fisiológica que son 138 días y comparada con esta misma la línea 4 la más tardía de las mutantes con 126 días representa el 90% del tiempo que el testigo tardó en llegar a la fase de madurez fisiológica (gráficos 6 y 7).

Los días a la cosecha o madurez fisiológica en la cañahua de la variedad Lasta Rosada, en promedio es de 136 a 146 días después de la siembra (Ardaya, 2012).

Comparando los resultados obtenidos con Ardaya (2012) el crecimiento de la cañahua Lasta Rosada o línea 15 en el experimento, está dentro del rango de tiempo hasta la madurez fisiológica, y por lo tanto las líneas mutantes 1 a la 14 son más precoces por estar por debajo de los 126 días, la más precoz fue la línea mutante 1, con 119 días a la madurez fisiológica y/o cosecha, las líneas mutantes fueron más precoces alejándose considerablemente del promedio de días de la madurez fisiológica del testigo.





**Gráfico 7. Promedio de tiempo transcurrido a cada etapa por las 15 líneas de cañahua durante su ciclo fenológico**

### 6.1.7. Altura de la planta

En la fotografía 10, se puede ver que la altura de la planta fue medida con la ayuda de una regla metálica, con la cual se mide desde la base del cuello de la planta hasta el ápice apical del tallo principal.



**Fotografía 10. Registro de la altura de la cañahua con la ayuda de una regla.**

Los datos de altura de las líneas de cañahuas fueron analizados desde la floración, porque es donde se pudo apreciar mejor la diferencia del crecimiento en altura entre las líneas de cañahua.

#### **6.1.7.1. Altura de la planta en la fase floración**

El cuadro 9, indica que los datos son confiables porque el coeficiente de variación es 9.7 %. A la vez podemos deducir que existió una diferencia altamente significativa entre bloques y no tuvo diferencias significativas entre las líneas, entonces se deduce que todas las líneas de cañahua del estudio realizado son similares en altura hasta la fase de floración.

La prueba de medias de Duncan para la altura de planta en la fase de floración (anexo 14), se aprecia la altura de las diferentes líneas de cañahua que fueron muy cercanas, y van desde 22.07 a 23.78 cm para el primer grupo donde están las líneas 12, 4, 13, 2, 1 y 15 (testigo), el segundo que sería el intermedio tiene una altura entre 20.52 a 21.66 cm y conformadas por las líneas 3, 7, 9, 10, 6, 14, 8 y 5 y la línea con menor altura es la línea 11 con 18.56 cm hasta la fase de floración y también es una de las más precoces (gráfico 6).

**Cuadro 9. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase floración**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	279.224	93.075	21.34	2.761	**
Línea	14	98.449	7.032	1.61	1.863	NS
Error	42	183.210	4.362			
Total	59	560.883				
CV	9.7					

**6.1.7.2. Altura de la planta en la fase de grano lechoso**

El cuadro 10 del análisis de varianza para la altura de la planta en la fase de grano lechoso muestra que las diferencias observadas entre bloques son altamente significativas, y entre líneas hay diferencias significativas. Existen diferencias atribuibles a las características propias de las líneas, pero también se detectó las diferencias entre bloques debido al efecto ambiental y la heterogeneidad del suelo entre bloques donde fue establecido el ensayo. La decisión del bloqueo fue apropiado.

El coeficiente de variación es igual a 7.8 % lo que nos da confiabilidad en los datos tomados en campo para esta fase.

**Cuadro 10. Análisis de varianza para la altura de la planta en la fase de grano lechoso**

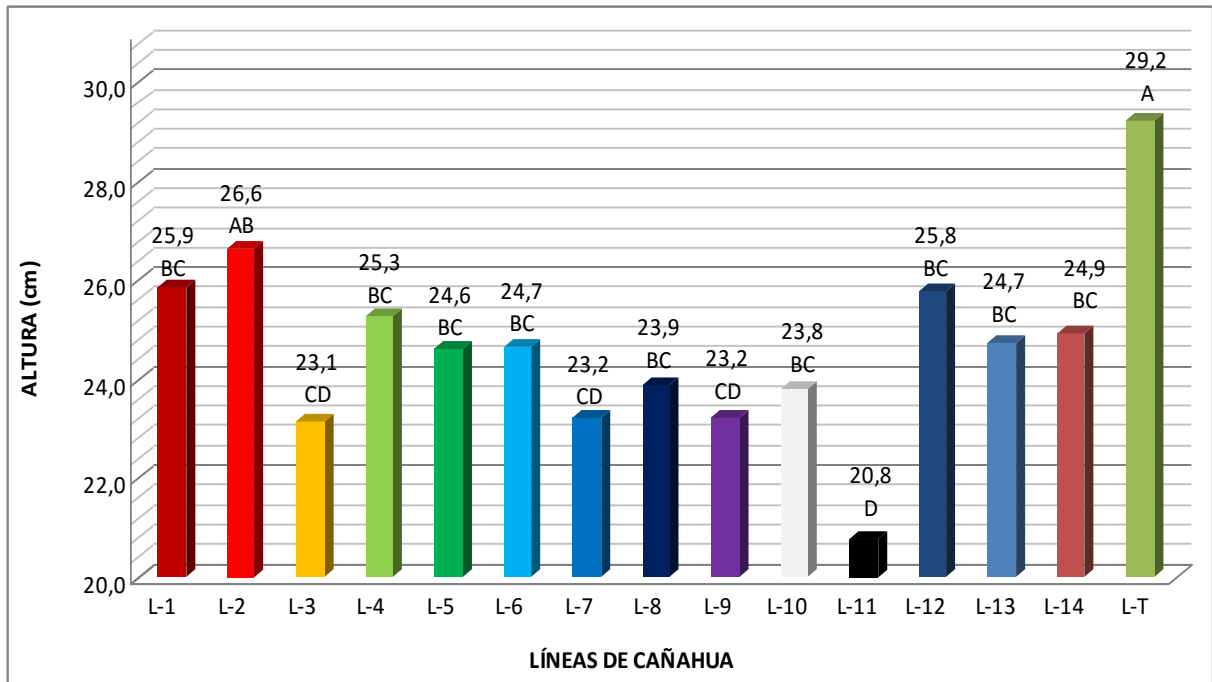
F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	459.452	153.151	41.65	2.761	**
Línea	14	208.068	14.862	4.04	1.863	*
Error	42	154.452	3.677			
Total	59	821.972				
CV	7.8					

El gráfico 8 elaborado con datos obtenidos en la prueba de medias de Duncan (anexo 15), las líneas con mayor altura hasta la fase de grano lechoso son la línea 15 o

testigo con 29.23 cm y la línea mutante 2 con 26,64 cm, las líneas que tienen una altura intermedia están entre 23.80 a 25.86 cm y son las líneas mutantes 10, 8, 5, 6,13, 14, 4, 12 y 1, las líneas con menor altura hasta esta etapa son líneas mutantes 3, 9 y 7, con alturas 23.13 y 23.22 cm respectivamente y la cañahua más pequeña fue la línea mutante 11 con 20.76 cm.

En el gráfico 8 también se puede apreciar las diferentes alturas a la fase del grano lechoso, donde la con mayor altura es la línea testigo con 29.2 cm, que se siguió alejando de las líneas mutantes que tenían alturas cercanas entre sí, entre 20.8 a 26.9 centímetros.

En esta etapa es cuando las cañahuas mutantes empezaron a crecer en altura más lento que la línea testigo como se ve en el gráfico 8, esto se puede deber a que las líneas de cañahuas mutantes empiezan a detener su crecimiento en altura, porque están madurando antes el grano haciéndolas más precoz.



**Gráfico 8. Altura promedio de las 15 líneas de cañahua en la fase del grano lechoso.**

### 6.1.7.3. Altura de la planta en la fase de grano pastoso

El cuadro 11 nos indica que hay diferencias altamente significativas entre bloques y líneas, las diferencias fueron notables entre las alturas promedio de las 15 líneas de cañahua en la fase de grano pastoso, y como el CV es igual a 7.8 % indica que los resultados experimentales son confiables.

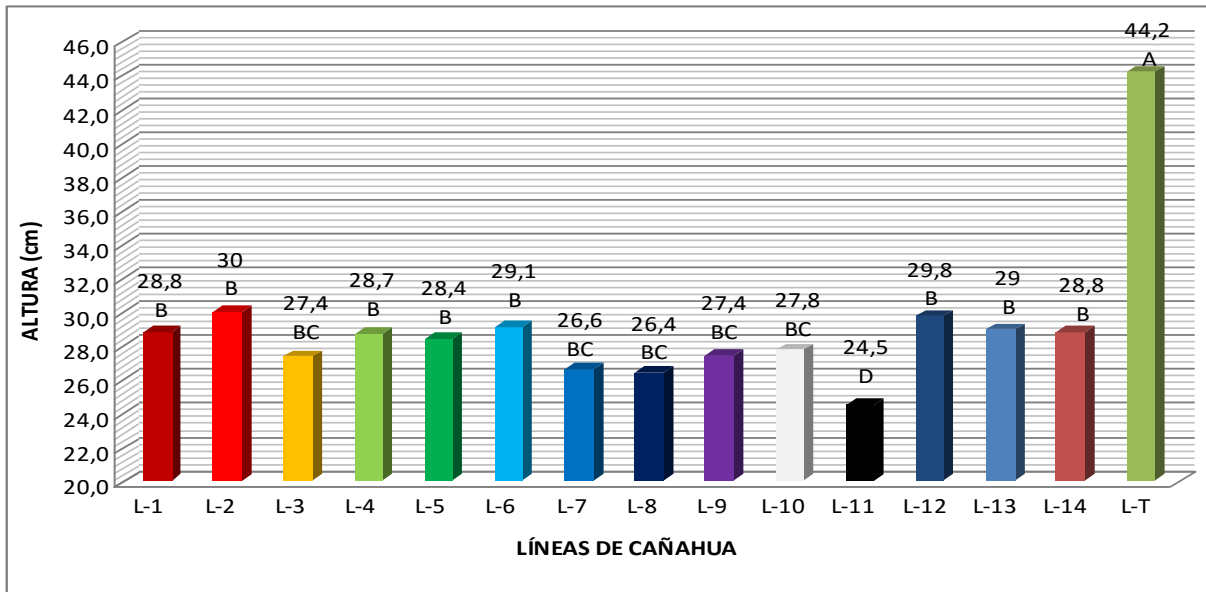
**Cuadro 11. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de grano pastoso**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	273.669	91.223	17.66	2.761	**
Línea	14	1093.262	78.090	15.12	1.863	**
Error	42	216.958	5.166			
Total	59	1583.889				
CV	7.8					

Según el gráfico 9, elaborado con los datos del análisis de la prueba de medias de Duncan para la altura de la planta en fase de grano pastoso (anexo 16), se deduce que hay cuatro grupos que tienen alturas similares dentro los mismos, el primero con la mayor altura hasta la fase de grano pastoso es la línea 15 con 44.23 cm, el segundo grupo con las líneas 2, 12, 6, 13, 14, 1, 4 y 5 con alturas de 30.03 a 28.43 cm, el tercer grupo formado por las líneas 10, 9, 3, 7 y 8, con alturas de 27.76 a 26.43 cm, y la línea con menos altura a esta etapa es la línea 11 con 24,51 cm de altura.

La altura de la planta a la fase de grano pastoso (gráfico 9), las líneas mutantes de la 1 a la 14 tienen una altura similar, con una variación que no es mas de 5 cm entre la mas alta y la mas baja en las líneas de cañahuas mutantes, y la línea 15 con la mayor altura de 44.23 cm, la cual tiene mas de 14 cm de diferencia de la línea mutante 2, la mas alta con 30 cm de altura.

En esta etapa podemos ver que las líneas mutantes siguen creciendo más lento que la línea testigo Lasta Rosada y han madurado antes confirmando su precocidad y la cañahua testigo sigue creciendo y desarrollándose.



**Gráfico 9. Altura promedio de las 15 líneas de cañahua en la fase del grano pastoso.**

#### **6.1.7.4. Altura de la planta en la fase de madurez fisiológica**

El cuadro 12, del análisis de varianza para la altura de la planta en la fase de la madurez fisiológica, reporta diferencias altamente significativas entre bloques, esto se debe a la heterogeneidad del suelo que hubo en el terreno donde se realizó la investigación, para las líneas indica también que existen diferencias altamente significativas en la altura de las plantas entre las 15 líneas de cañahua en la fase de madurez fisiológica esto debido a que las líneas mutantes detuvieron su crecimiento antes por ser más precoces que se debe a sus características individuales.

En la madurez fisiológica para las alturas de las líneas de cañahua el CV es de 7.2 % nos indica la confiabilidad de los datos.

**Cuadro 12. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de madurez fisiológica**

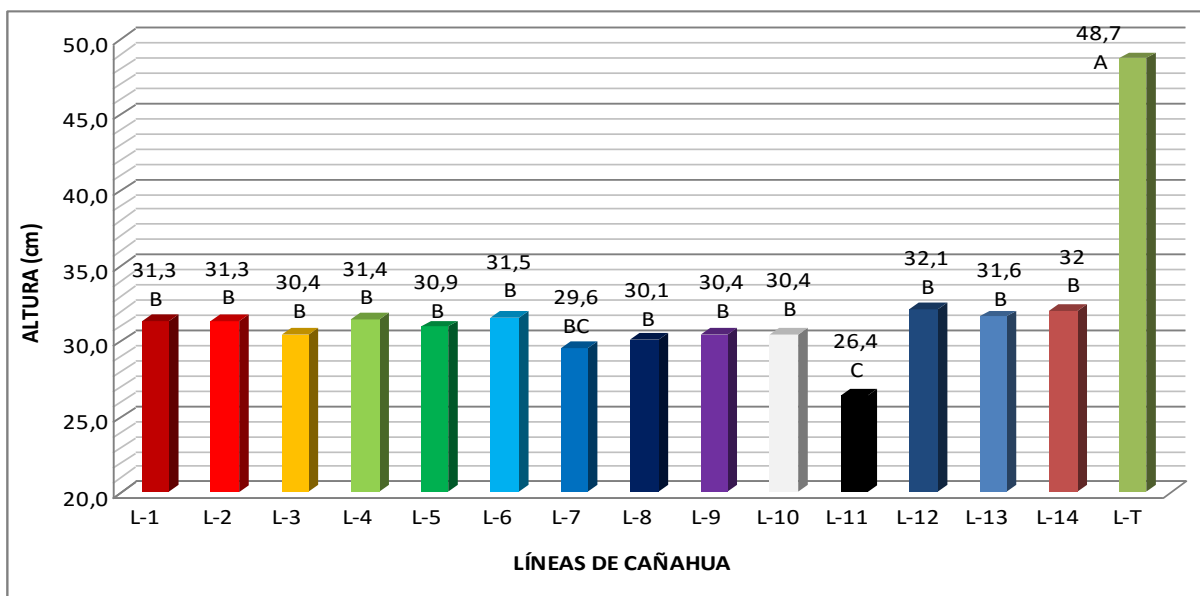
F. V.	GL	SC	CM	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
Bloque	3	242.724	80.908	15.36	2.761	**
Línea	14	1322.813	94.487	17.94	1.863	**
Error	42	221.207	5.267			
Total	59	1786.744				
CV	7.2					

Los resultados del análisis de la comparación múltiple de Duncan (anexo 17) permite visualizar grupos de las líneas con medias similares (gráfico 10), donde las líneas 11 y 7 con 26.4 y 29.5 cm de altura. El testigo alcanzó 48.7 cm, diferente al resto del material evaluado. Las otras líneas se encuentran agrupadas en un solo grupo por tener medias similares entre sí (líneas 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14 y 15).

La línea más pequeña tiene una altura de 26.4 cm y la línea con mayor altura es la 15 (testigo) con 48.7 cm, el resto de las líneas tuvieron alturas muy similares o cercanas entre sí (gráfico 10), la diferencia de altura entre las cañahuas mutantes y el testigo Lasta Rosada se debe a la precocidad de las líneas mutantes que empiezan a detener poco a poco su crecimiento cuando empiezan a madurar el grano y alcanzan la madurez fisiológica antes que el testigo que tarda más tiempo en llegar a la madurez fisiológica como se presenta en los gráficos 7 y 11.

Coarite (2014) reporta que la altura para las cañahuas tipo Lasta como la Kullaca, Illimani, Warikuna y Umacunata es de 16 a 24 cm, por otra parte en otra investigación en los mismos cultivares Aro (2015) obtuvo una altura hasta la madurez fisiológica de 37 a 45 cm que es lo que más se ajusta a la investigación realizada, donde las cañahuas mutantes tienen una altura promedio de 30 cm y el testigo alcanzó los 48.7 cm hasta la madurez fisiológica.





**Gráfico 10. Altura promedio de las 15 líneas de cañahua en la fase de la madurez fisiológica.**

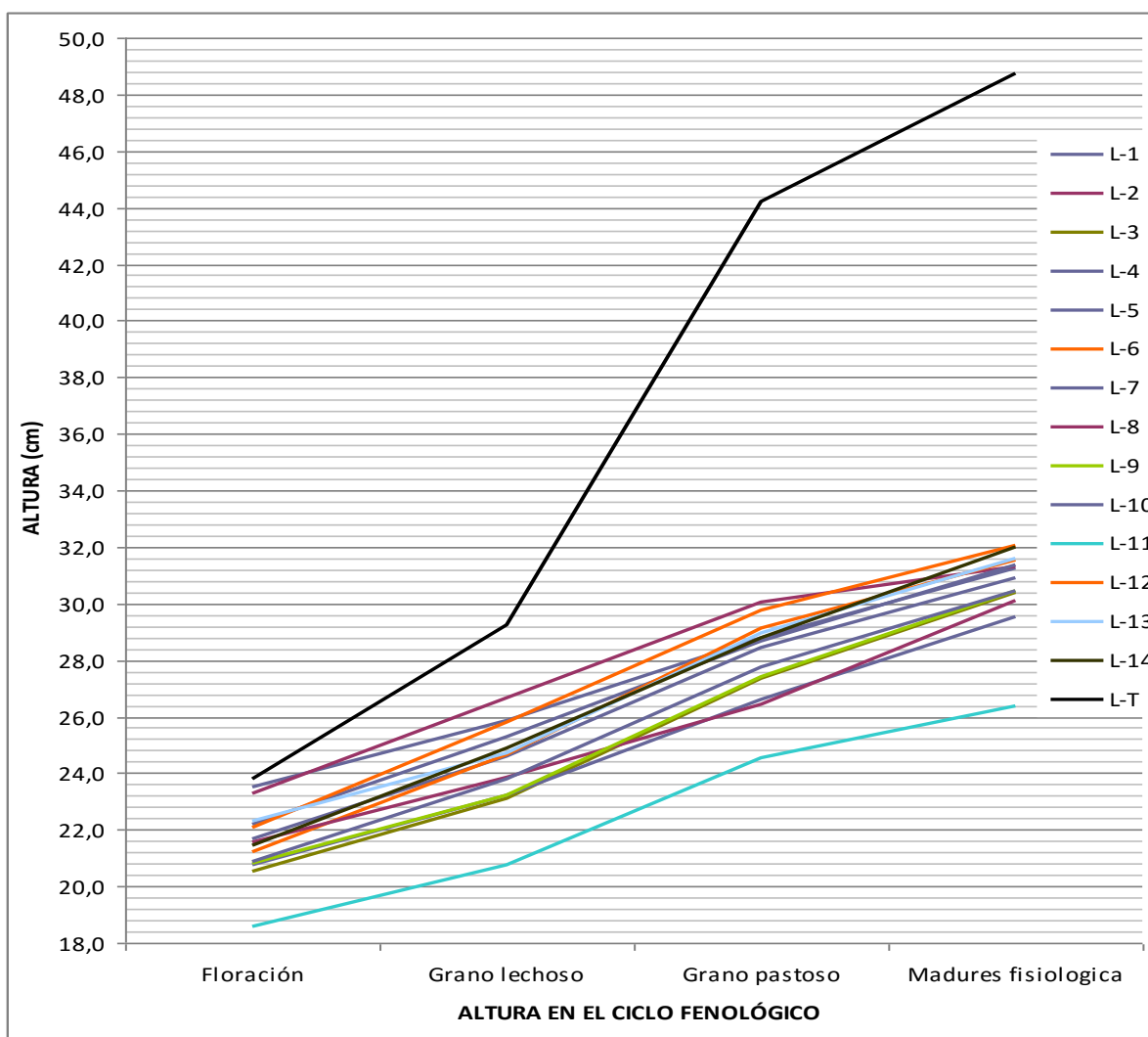
El gráfico 11, refleja el crecimiento en las diferentes fases del ciclo fenológico de la cañahua pudiendo ver que la línea 11 en todas las fases fue la con menor altura y la línea 15 tuvo un crecimiento muy cercano a la líneas mutantes hasta la fase del grano lechoso, y de allí en adelante empieza a crecer aceleradamente hasta separarse del grupo, con una diferencia de 16 cm aproximadamente en promedio de la línea mutante 14 con una altura de 32 cm a la fase de madurez fisiológica.

Según Pinto *et al.* (2008) las variedades tipo Lasta llegan crecer una altura promedio de 50 a 54 centímetros y en regiones del altiplano norte como la provincia Camacho el crecimiento promedio de las cañahuas tipo Lasta es de 31 a 33 cm (Ardaya, 2012).

En otras investigaciones, en la comunidad de Letanías de la provincia Ingavi obtuvieron alturas promedios para las cañahuas de 30.1 cm para la Illimani y 28,4 para la Kullaka que son tipo Lasta (PROINPA, 2006).

Según Flores (2007), las cañahuas tipo Lasta con menor altura de planta de 19 a 22 cm, se atribuye probablemente al efecto de extrema humedad y granizos registrados durante el ciclo agrícola, presentándose en este caso de 666 mm de precipitación, 19 % superior al valor registrado para la zona de Chachacomani que fue de 540.5 mm.

Las cañahuas mutantes detienen antes su crecimiento haciéndolas más precoces que la línea testigo o Lasta Rosada (gráficos 7 y 11).



**Gráfico 11. Crecimiento promedio de las 15 líneas de cañahua en las fases fenológicas.**

### 6.1.8. Número de ramas primarias

El análisis de varianza para el número de ramas primarias (cuadro 13) presento un CV igual a 11.2 %, los resultados para esta variable son confiables, además se advierte que los bloques no hubo diferencias significativas por lo que no contribuye a detectar las diferencias entre líneas, estadísticamente existen diferencias significativas entre líneas, el número de ramas varia en las 15 líneas por las características individuales de cada una de las cañahuas en estudio.

**Cuadro 13. Análisis de varianza para el número de ramas primarias**

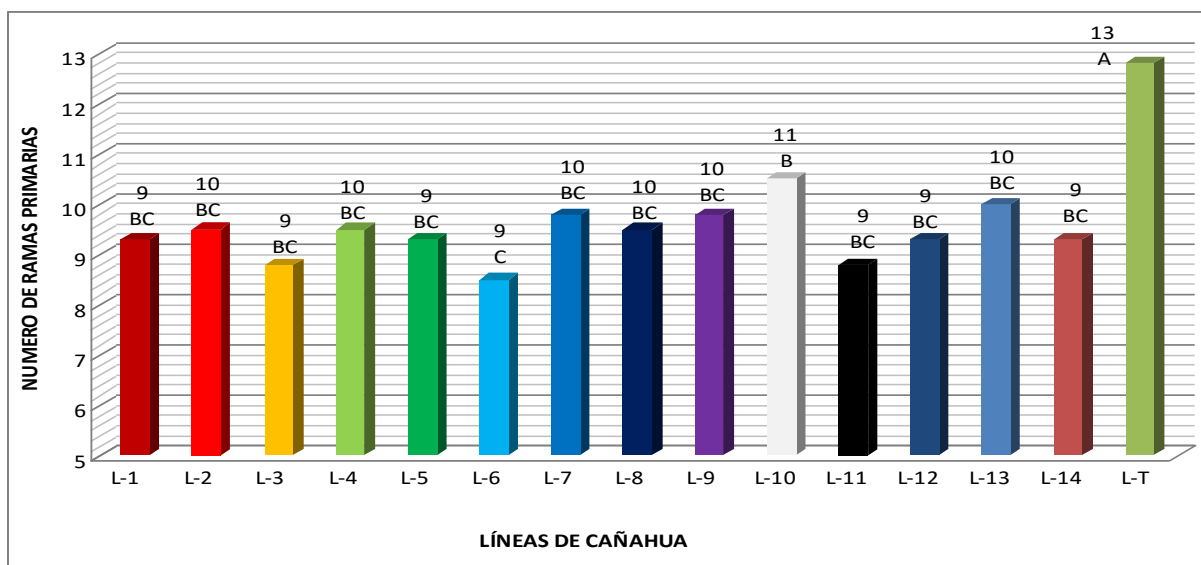
F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	5.250	1.750	1.52	2.761	NS
Línea	14	56.433	4.031	3.49	1.863	*
Error	42	48.500	1.155			
Total	59	110.183				
CV	11.2					

El gráfico 12 realizado con datos de la prueba de medias de Duncan para el número de ramas primarias, refleja diferencias significativas entre el número promedio de ramas de las 15 líneas de cañahua, el mayor número de 12.8 ramas fue de la línea 15, le sigue la línea 10 con 10.5 ramas, luego tenemos a las líneas que no presentan variación apreciable o no fueron significativa y son las líneas 13, 7, 9, 2, 8, 4, 1, 12, 5, 14, 3 y 11, que tienen ramas de 9.8 a 8.8 y la cañahua con menor número de ramas es la línea 6 con 8.5 ramas, estas diferencias de promedios en el número de ramas de las diferentes líneas de cañahuas que fueron observadas en el estudio se encuentran con número decimales por eso se puede apreciar las pequeñas variaciones que las hacen significativas estadísticamente (anexo 18).

Maydana (2010) en su investigación se obtuvo un promedio de 6 a 7 ramas primarias por planta de cañahua y Coarite (2014) obtuvo un promedio de ramas primarias de 13

a 17 en los cultivares de la Kullaca, Illimani, Warikuna y Umacutama en cambio Aro (2015) reporta un promedio de ramas de 17 a 23 para los mismo cultivares mencionados, en la investigación realizada con las 15 líneas de cañahuas se obtuvo un promedio de 9 a 13 ramas que son resultados muy cercanos a Coarite (2014).

Según Mamani (2002), el promedio de ramas es de 25.65 para la Lasta Rosada con extremos de 13 a 33 ramas, la investigación que se realizó se adecua más con el extremo mínimo de 13 ramas que tuvo la línea testigo Lasta Rosada y las mutantes es de 9 a 11 ramas que está por debajo del mínimo esto se puede deber a la radiación inducida a la que fueron sometidas para mejorar sus características de precocidad y modificar sus hojas para evitar la caída del grano de cañahua, lo que también afecto en la altura de la planta que reduce el espacio para el desarrollo de mayor número de ramas y por lo tanto también afecto a la producción de grano de cañahua por que tuvo menor cantidad de inflorescencias.



**Gráfico 12. Número promedio de ramas primarias.**

## 6.1.9. Rendimientos

### 6.1.9.1. Rendimiento del grano de cañahua con perigonio

El análisis de varianza para el rendimiento de grano (cuadro 14), muestra que el CV es igual a 13.9 % lo que indica la confiabilidad en los datos del estudio. Hay diferencias altamente significativas entre bloques, puesto que las características del suelo presentaron variaciones que pudieron influir en el crecimiento de la cañahua y por lo tanto en los rendimientos. Por otra parte las líneas tienen diferencias significativas para los promedios de rendimiento de grano entre las líneas que se deben a las características individuales, la más notables pueden ser la altura.

**Cuadro 14. Análisis de varianza para el rendimiento de grano con perigonio**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	1922120.583	640706.861	17.41	2.761	**
Línea	14	1017714.233	72693.874	1.97	1.863	*
Error	42	1546088.167	36811.623			
Total	59	4485922.983				
CV	13.9					

Según los resultados de la prueba de medias de Duncan (anexo 19) para el rendimiento de grano de cañahua con perigonio (gráfico 13) hay grupos que tienen rendimientos muy cercanos dentro de los mismos, la línea con más rendimiento es la línea 15 Lasta Rosada con 1649 kg/ha, luego están las líneas mutantes 4 y 6 con 1487.5 y 1482 kg/ha, el tercer grupo formado por las líneas 13 y 1 con 1452.5 y 1445.3 kg/ha, y dentro del mismo grupo están las líneas 14, 8, 10, 12, 5 y 3 que va desde 1409.5 a 1333 kg/ha, las siguientes líneas con mucho menor rendimientos son las líneas 11 y 7 con 1324 y 1244 kg/ha, seguida de la línea 2 con 1152.5 kg/ha y la cañahua con menor rendimiento de grano es la línea 9 con 1109.0 kg/ha, lo que demuestra que las cañahuas precoces (gráfico 6) tuvieron buenos rendimientos, en algunos casos muy cercanos al testigo que tiene el mayor rendimiento de kg/ha.

Haciendo un análisis de las cañahuas precoces que son las mutantes tienen menor rendimiento que la línea testigo, pero hay líneas que tienen un rendimiento muy cercano que son las líneas 4, 6, 13 y 1 como se ve en el gráfico 13, llegan a la madurez fisiológica en menor tiempo (gráfico 7) y tienen mayor resistencia a las heladas y granizadas (gráficos 20 y 21).

Los rendimientos de grano en las variedades tipo Lasta como la Illimani es 591.67 kg/ha y la Kullaka es 727.78 (Ardaya, 2012).

Un estudio realizado con aplicación de fertilizantes orgánicos, en el altiplano central, se obtuvieron mayores rendimientos con el nivel de fertilización de 10 tn/ha de jira, obteniéndose 2188 kg/ha para el ecotipo Lasta Rosada (Quispe, 1999).

Rodriguez (2007), reporta que el rendimiento de la cañahua Lasta Rosada es de 2665.86 kg/ha, cosechada con hoz, según Flores (2007), el rendimiento de la cañahua tipo Lasta es de 514.1 kg/ha.

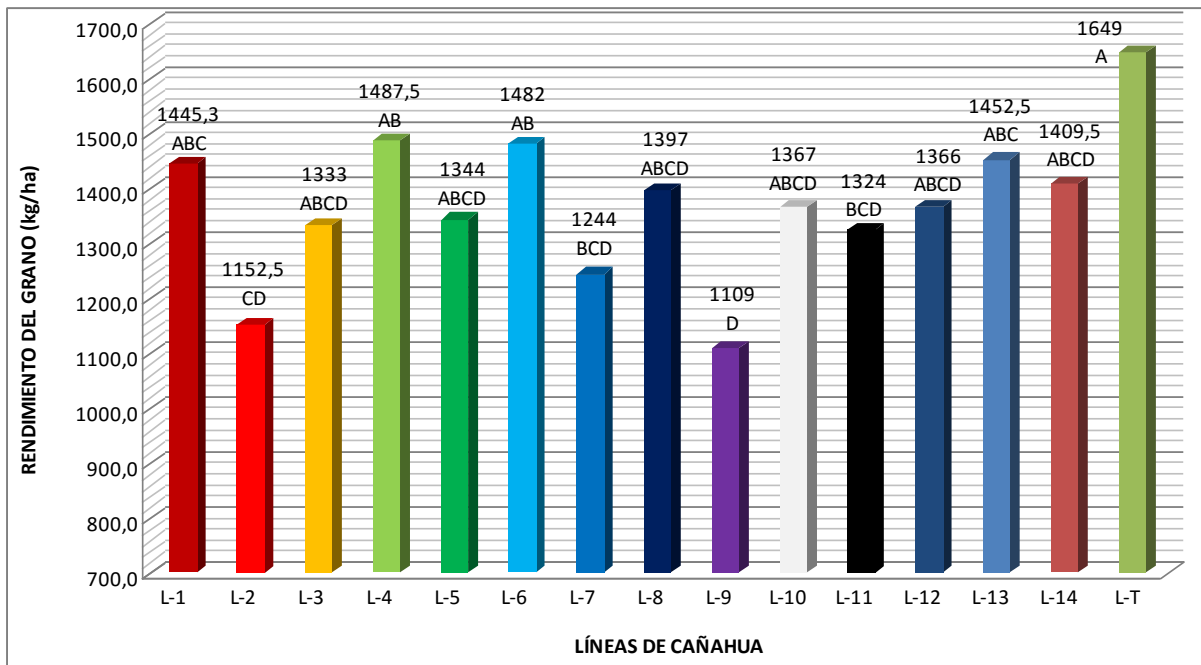
Maydana (2010), en su estudio obtuvo un rendimiento de grano de 2248.8 kg/ha, en las cañahuas tipo Lasta, en cambio Aro (2015), reporta un rendimiento de cañahuas tipo Lasta de 839.3 a 2077.3 kg/ha.

En Bolivia se cultiva la cañahua en 983 hectáreas en toda la superficie nacional, con un rendimiento promedio de 627 kg/ha en promedio (INE, 2009).

Comparando los datos obtenidos de los rendimientos con otras investigaciones, algunos autores obtuvieron rendimientos de hasta 2 tn/ha y otros no pasan de los 700 kg/ha, lo que indica que los resultados obtenidos son el promedio de estos extremos,

pero las líneas mutantes son mas precoces y su rendimiento esta por encima de la tn/ha.

Pinto *et al.* (2008), señala que el rendimiento esta influenciado por el tamaño de la planta, es decir cuando las plantas son mas grandes los rendimientos tambien son altos, el afecto que sucedió en el rendiemiendo de las líneas mutantes.



**Gráfico 13. Rendimiento promedio del grano de cañahua con perigonio.**

En la fotografía 11 se puede apreciar el rendimiento de grano de cañahua con perigonio por metro cuadrado que para el análisis se convirtió en kg/ha, también se observa que el color de perigonio es el mismo en todas las líneas en estudio.



**Fotografía 11. Semillas de las 15 líneas de cañahuas con perigonio.**

#### **6.1.9.2. Rendimiento de broza**

El cuadro 15 del análisis de varianza muestra que entre bloques hay diferencias altamente significativas y entre líneas diferencias significativas, las cañahuas que fueron observadas en el experimento tienen diferentes rendimientos de broza, y los datos obtenidos para esta variable en la investigación son confiables porque tienen un CV que es igual a 7.9 %.

**Cuadro 15. Análisis de varianza para el rendimiento de broza**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	6029690	2009897	17.82	2.761	**
Línea	14	3588671	256334	2.27	1.863	*
Error	42	4738406	112819			
Total	59	14356767				
CV	7.9					

Según el gráfico 14 realizado con los datos obtenidos en el análisis estadístico de medias de Duncan para el rendimiento de broza de cañahua (anexo 20), revela que el mayor rendimiento de broza tiene 4707 kg/ha de la línea 3, y le sigue la línea 13 con 4565.0 kg/ha que son muy cercanas estadísticamente, este rendimiento de broza son superiores al testigo y se puede atribuir a que las ramas y hojas son más gruesas

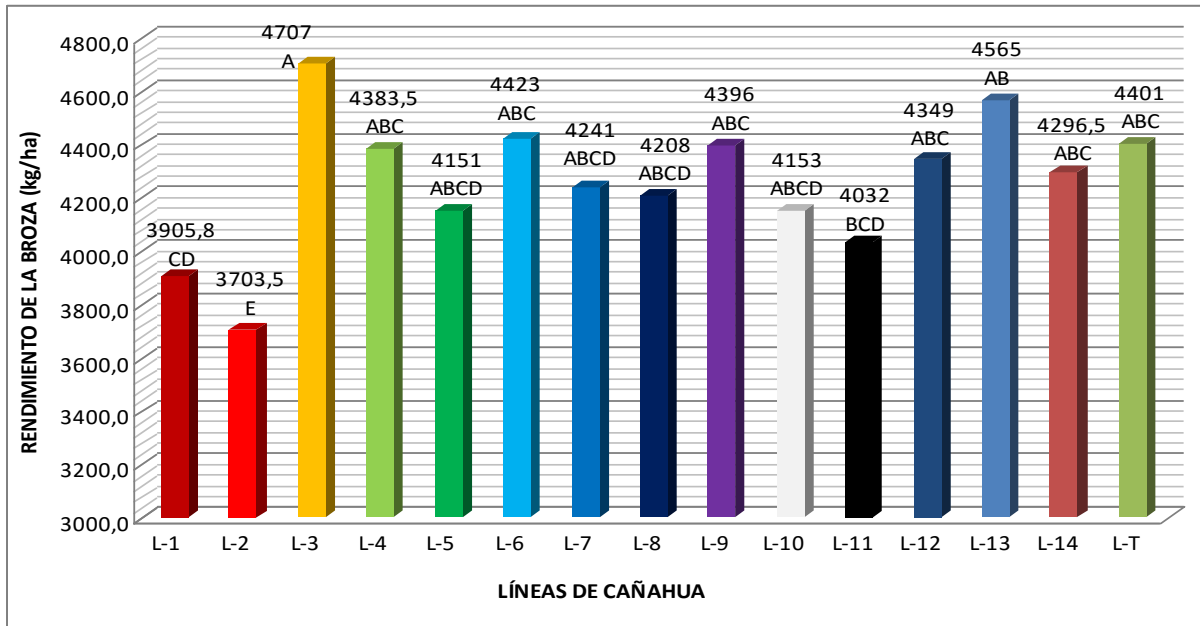


(consecuencias de la radiación inducida que modifico estas características), luego están las líneas 6, 15 (testigo), 9, 4, 12 y 14 que tienen un rendimiento de broza desde los 4423.0 a 4296.5 kg/ha, como vemos en este grupo se encuentra la línea 15 que es la Lasta Rosada quien tiene mayor altura (gráfico 11) y número de ramas (gráfico 12) que las líneas mutantes por lo que se esperaba que tenga mayor rendimiento de broza, pero tiene menor rendimiento de broza que las líneas mutantes con mayor rendimiento que se debe a que las hojas y ramas son más delgadas en la línea 15, luego tenemos a las líneas con rendimientos de broza de 4241.0 y 4151.0 kg/ha y son la 7, 8, 10 y 5, las que siguen son la línea 11 y 1 con 4032.0 y 3905.8 kg/ha y por último la con menor rendimiento de broza es la línea 2 con 3703.5 kg/ha.

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

Mamani (1994), indica que obtuvo mayores rendimientos de broza con las variedades Lasta amarilla y Rosada con rendimientos de 4935 y 5610 kg/ha respectivamente en un suelo de textura arenosa, esta diferencia puede atribuirse a caracteres genéticos de la variedad como también al tipo de suelo donde se desarrolló el cultivo.

Haciendo un análisis de los datos obtenidos, son aceptables y buenos. La broza de cañahua al igual que de la quinua se vende por sacos, como forraje seco para el ganado ovino y bovino como se hace en el municipio de Patacamaya que es un claro ejemplo, por lo cual la broza genera ingresos económicos extras y como los rendimientos de broza de las cañahuas de este estudio realizado están por encima de las 3.5 tn/ha, esto representa un mayor ingreso económico para los productores.



**Gráfico 14. Rendimiento promedio de la broza de cañahua.**

### 6.1.9.3. Rendimiento del jipi de perigonio

El análisis de varianza del rendimiento de jipi del perigonio de la cañahua que se presenta en el cuadro 16, muestra que entre bloques hay diferencias significativas, pero en las líneas no se encuentran diferencias significativas, entonces los rendimientos de jipi son muy cercanos estadísticamente entre las líneas de cañahua, y finalmente el CV es igual a 21 % indica la confiabilidad de los datos tomados en esta variable.

Estos datos del rendimiento de jipi del perigonio nos indica que el grosor del perigonio en las líneas de cañahuas de este estudio varían de unas a otras, porque a pesar de que algunas tienen mayor rendimiento de grano de cañahua (gráfico 13) las cuales deberían tener mayores rendimientos de jipi no ocurrió esto y sus rendimientos son similares a las líneas con rendimientos de grano de cañahua inferiores, no habiendo una diferencia estadística.

Los resultados de la prueba de medias de Duncan (anexo 21), presenta los rendimientos promedio de jipi de las líneas de cañahua, la con mayor rendimiento de jipi es la línea 1 con 165.42 kg/ha igual al 11.3 % del grano total, haciendo un análisis podemos decir que el perigonio en esta línea es más gruesa que las otras, a comparación de su rendimiento de grano con perigonio con la línea 6 que fue similar (gráfico 13) pero tiene un rendimiento promedio de jipi menor, luego se forma un grupo entre los extremos, donde las diferencias no son significativas entre las cañahuas dentro de este grupo y está formada por las líneas 6, 5, 10, 8, 13, 11, 3, 9, 4, 2, 15 (testigo), 7 y 12, con rendimientos entre 151.78 a 117.76 kg/ha que es 10.3 a 8.6 %, con un grosor de perigonio intermedio en el cual se encuentra la línea 15 (Lasta Rosada) que tiene el mayor rendimiento de grano (gráfico 13) debería tener igual el mayor rendimiento de jipi pero está en el promedio de los extremos lo que confirma que tiene un perigonio más delgado, y la línea 14 con un rendimiento de 109.61 kg/ha de jipi de perigonio es el 7.8 %, estos resultados sirven como indicador que a mayor rendimiento en kg/ha de jipi de perigonio el mismo es más grueso, entonces al ser más grueso el perigonio también puede afectar en la germinación de la cañahua, porque el agua puede llegar antes a la semilla de cañahua con perigonio más delgado.

El jipi de perigonio también puede ser usado como un suplemento y ser mezclado con otros, para formar un alimento balanceado que pueda darse a animales menores.

**Cuadro 16. Análisis de varianza para el rendimiento de jipi del perigonio**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	23718.62817	7906.20939	9.42	2.761	*
Línea	14	13500.80564	964.34326	1.15	1.863	NS
Error	42	35253.41178	839.36695			
Total	59	72472.84559				
CV	21					

#### 6.1.9.4. Rendimiento del grano sin perigonio

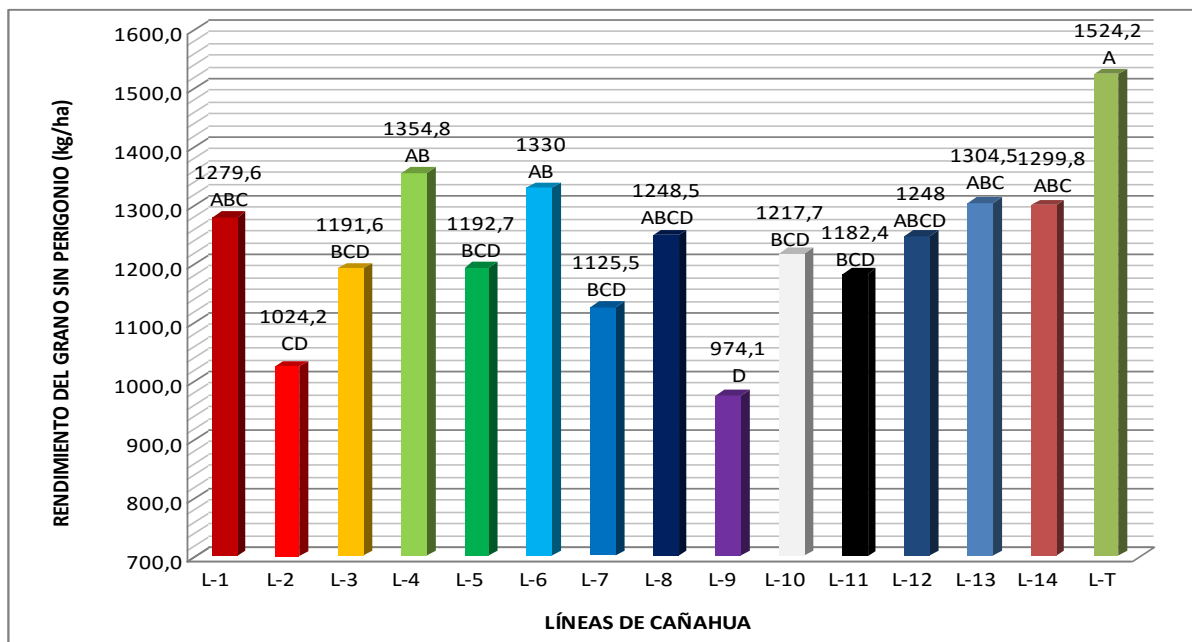
El cuadro 17 del ANVA para el rendimiento del grano sin perigonio, indica que el CV 14.1 % nos muestra la confiabilidad en los datos tomados, entre bloques hay diferencias altamente significativas y entre líneas existen diferencias significativas estadísticamente en el rendimiento de grano sin perigonio, lo que nos indica que las líneas de cañahuas que fueron usadas en la investigación tienen rendimientos de grano sin perigonio diferentes.

**Cuadro 17. Análisis de varianza para el rendimiento del grano sin perigonio**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	1736009.858	578669.953	19.01	2.761	**
Línea	14	998271.593	71305.114	2.34	1.863	*
Error	42	1278325.447	30436.320			
Total	59	4012606.898				
CV	14.1					

El gráfico 15 refleja los datos de la prueba de medias de Duncan (anexo 22) para los promedios del grano limpio o que está libre del perigonio, el mayor rendimiento promedio lo tiene la línea 15 con 1524.2 kg/ha, seguida de las cañahuas con rendimientos de 1354.8 a 1248.0 kg/ha y son las líneas 4, 6, 13, 14, 1, 8 y 12, luego están las que tienen un rendimiento de 1217.7 a 1024.2 kg/ha y en este grupo se encuentran las líneas 10, 5, 3, 11, 7 y 2, y al final tenemos está la línea 9 con el menor rendimiento de 974.1 kg/ha y por esto la menos aconsejable de este estudio para su propagación por su bajo rendimiento, pero es aceptable ya que se acerca a 1 tn/ha, esta variable es muy importante porque al saber los rendimientos de grano sin perigonio los productores podrán vender el grano de cañahua a un mayor precio, en la actualidad en el mercado interno se vende sin limpiar el perigonio.

Las diferencias entre líneas para el rendimiento de grano se ven con mayor precisión en el grano limpio, para escoger las con mayor rendimiento de las líneas mutantes más precoces comparadas con el testigo (gráfico 15) que son la 1, 4 y 6.



**Gráfico 15. Rendimiento promedio del grano sin jipi de perigonio.**

#### 6.1.10. Índice de cosecha (IC) de las líneas de cañahua

En el cuadro 18 se observa la existencia de diferencias altamente significativas entre bloques, en las entre las líneas también hay diferencias significativas y por tanto hubo un índice de cosecha del grano de cañahua diferente entre las 15 líneas usadas en el experimento.

El análisis de varianza para el índice de cosecha (cuadro 18) presenta un CV igual a 10.1%, demuestra la confiabilidad de los resultados de las muestras obtenidas en la investigación para el índice de cosecha.

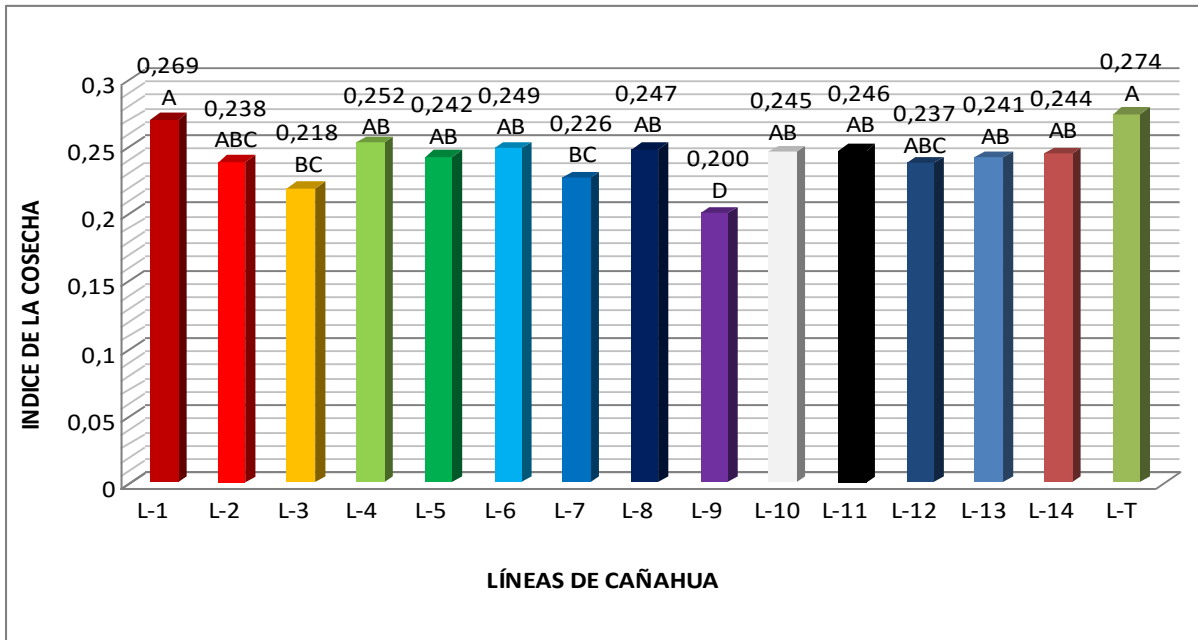
**Cuadro 18. Análisis de varianza para el índice de cosecha**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	0.0242445	0.0080815	13.57	2.761	**
Línea	14	0.0183129	0.0013081	2.20	1.863	*
Error	42	0.0250198	0.0005957			
Total	59	0.0675773				
CV	10.1					

El gráfico 16 que presenta los resultados de la prueba de medias de Duncan (anexo 23) se observó que el índice de cosecha es diferente estadísticamente entre las líneas, las cañahuas 15 y 1 con 0.2741 y 0.2699, el otro grupo muy cercano al anterior formado por los que tienen un índice de cosecha de 0.2526 a 0.2375 son las líneas 1, 4, 6, 8, 11, 10, 14, 5, 13, 2 y 12 que son las líneas promedio entre los dos extremo, y las líneas con promedios de índice de cosecha más bajo son la 7 y 3 con 0.2266 y 0.2187 respectivamente, y la con menor índice de cosecha es la cañahua 9 con 0.2006, como vemos hay algunas líneas que se acercan mucho a la línea testigo la cual es la que tiene el mayor rendimiento de grano (gráficos 13 y 15).

Estos resultados muestran que algunas líneas en estudio tienen un mayor índice de cosecha y por lo tanto menor pérdida de grano durante la cosecha (gráfico 17), por las modificaciones que sufrieron a causa de la radiación inducida que modifico las hojas cerrandolas alrededor del grano para evitar su caída.

Según Rodríguez (2007), el índice de cosecha con hoz, para la cañahua Lasta Rosada es del 0.426 de toda la planta y para Flores (2007), el índice de cosecha es del 0.232 para la cosecha de cañahuas tipo Lasta.



**Gráfico 16. Índice de cosecha.**

### 6.1.11. Desgrane

#### 6.1.11.1. Desgrane antes de la cosecha

El cuadro 19 del análisis de varianza de desgrane antes de la cosecha indica que hay diferencias altamente significativas entre las líneas por lo que podemos deducir que el desgrane entre las líneas de cañahuas fueron diferentes entre sí antes de la cosecha y entre bloques no hay diferencias significativas, el coeficiente de variación es de 21.3 % para el análisis que demuestra la confiabilidad de las muestras obtenidas para el desgrane.

**Cuadro 19. Análisis de varianza para el desgrane antes de la cosecha en kg/ha**

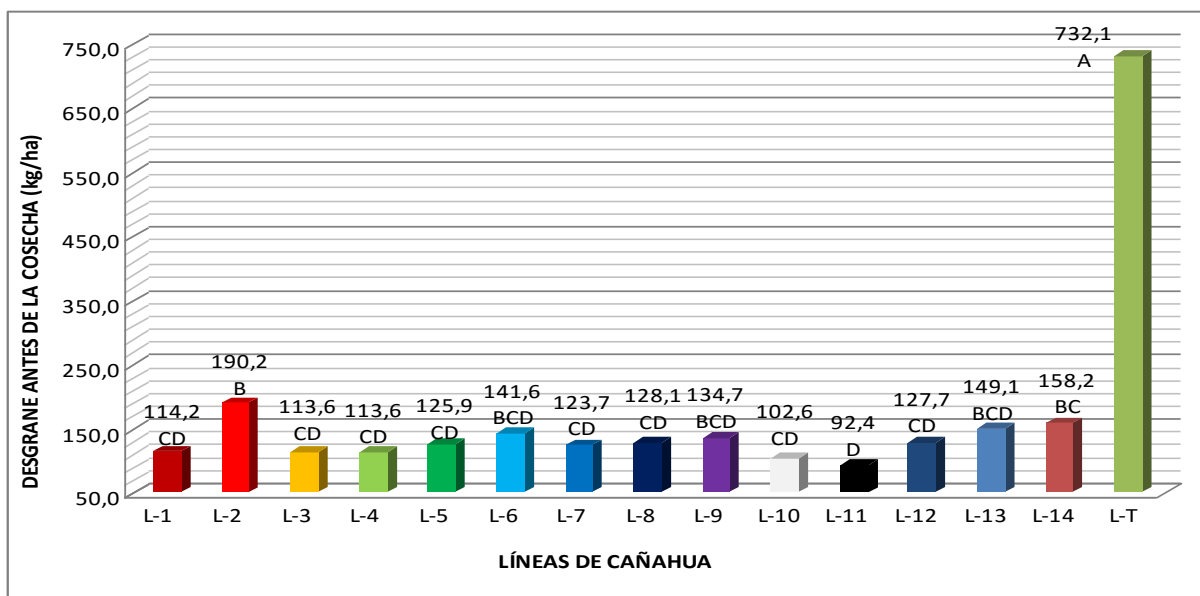
F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	9537.404	3179.135	2.41	2.761	NS
Línea	14	13866856.833	99061.202	75.06	1.863	**
Error	42	55426.812	1319.686			
Total	59	1451821.048				
CV	21.3					

El gráfico 17 refleja los resultados de la prueba de medias de Duncan (anexo 24) para el desgrane antes de la cosecha, muestra que la línea 15 tuvo una pérdida de 732.14 kg/ha lo que representa un 29.74 % del total del grano, y la línea mutante con más pérdida de grano es la número 2 con 190.21 kg/ha y es el 13.89 %, con 158.21 a 134.68 kg/ha que en porcentaje representa 10.85 a 9.11 % de desgrane en este grupo están las cañahuas 14, 13, 6 y 9, el siguiente grupo de líneas está formado por la 8, 12, 5, 7, 1, 4, 3 y 10 con pérdidas de grano de 128.11 a 102.60 kg/ha que es 8.87 a 7.11 %, y la cañahua con menos pérdida de grano es la línea 11 con 92.43 kg/ha que es igual al 6.65 %, la pérdida es mayor en la línea 15 o Lasta Rosada, las líneas de cañahuas mutantes tienen hojas modificadas por la exposición a la radiación que se cierran tipo pétalos de rosa alrededor del grano de cañahua evitando la pérdida de grano, por eso los porcentajes de desgrane en estas líneas son mucho menor que la línea testigo de la cual derivan, pero en las líneas mutantes también hay diferentes grados de desgrane, esto se debe a que hay diferentes grados de modificación en las hojas, donde algunas cañahuas tienen las hojas más cerradas que otras.

En otras investigaciones realizadas la cañahua Lasta Rosada presenta un desgrane antes de la cosecha de 53.44 kg/ha, datos que fueron tomados después de una lluvia y una granizada en los últimos meses antes de la cosecha y representa el 1.81 % (Rodríguez, 2007), a diferencia de nuestro experimento donde se suma la pérdida de grano antes y durante la cosecha más el desgrane después de una granizada, por eso la pérdida es mayor en la investigación realizada, comparada con el autor citado.

Estas pérdidas se debieron a que durante la maduración del grano de cañahua hubo precipitaciones y fuertes vientos, la resistencia a estos factores climáticos se debió a las hojas modificadas de las cañahuas mutantes a diferencia de la Lasta Rosada.





**Gráfico 17. Desgrane promedio antes de la cosecha de las 15 líneas de cañahua en kg/ha.**

#### **6.1.11.2. Desgrane durante la cosecha**

En el análisis de varianza para el desgrane durante la cosecha en kg/ha (cuadro 20) muestra que el CV es igual a 25.5 % el cual es el indicador de que los datos son confiables, en las líneas se muestra que hay diferencias altamente significativas en el desgrane durante la cosecha, que fue manual con el uso de la hoz, las líneas de cañahua tuvieron diferentes grados desgranados, a diferencia de los bloques no se encuentran diferencias significativas entre bloques y la resistencia al desgrane durante la cosecha se debe a características individuales de cada línea de cañahua, en este caso la característica de las hojas cerradas de las líneas mutantes.

**Cuadro 20. Análisis de varianza para el desgrane durante la cosecha en kg/ha**

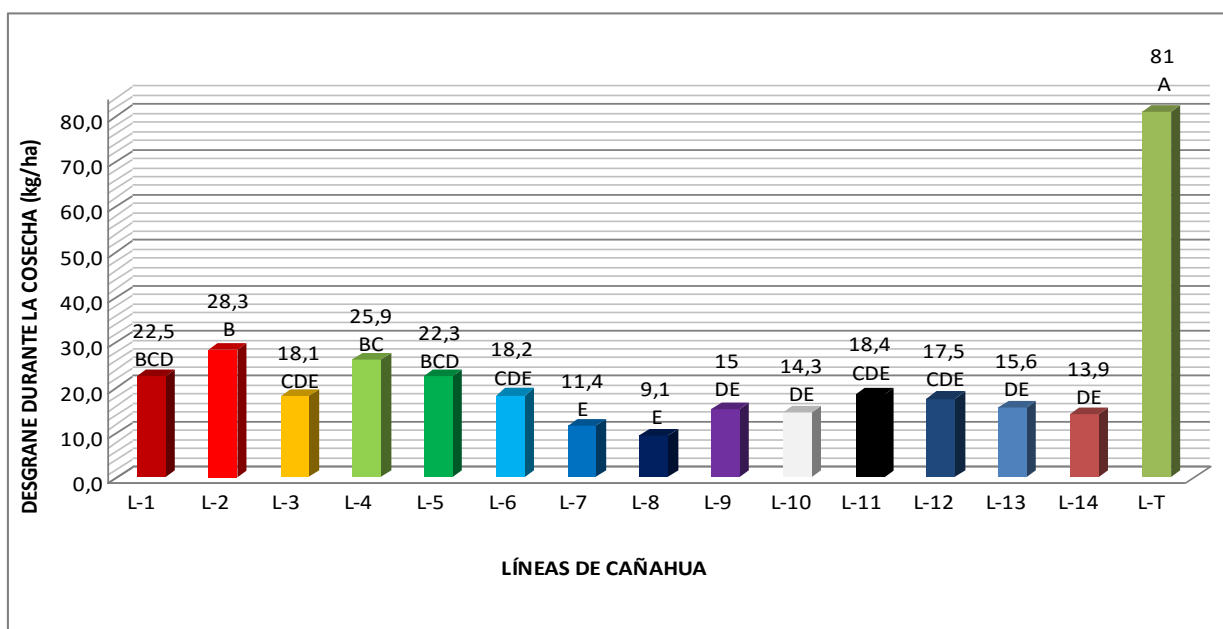
F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	2.3063667	0.7687889	2.41	2.761	NS
Línea	14	163.6715600	11.6908257	36.62	1.863	**
Error	42	13.4091333	0.3192651			
Total	59	179.3870600				
CV	25.5					

El gráfico 18 refleja los resultados obtenidos en la prueba de medias de Duncan (anexo 25), indica que la línea 15 tuvo una mayor pérdida de grano durante la cosecha que fue de 81.02 kg/ha y es el 3.29 % del total de grano de cañahua que pudo haber sido cosechado, esto se debió a que las hojas de la Lasta Rosada son rectas y no cerradas (modificadas) como las hojas de las líneas mutantes que parecen pétalos de rosas que encierran el grano de cañahua evitando su caída (fotografías 12, 13 y 14), la siguiente cañahua con mayor porcentaje de caída de grano es la línea 2, que se la denominó semi-cerrada que perdió 28.32 kg/ha es el 2.06 %, luego tenemos al grupo de las líneas con hojas cerradas las cuales son la 4, 1, 5, 11, 6, 3 y 12 con una pérdida de grano de 25.92 a 17.50 kg/ha que en porcentaje es de 1.62 a 1.18 %, las líneas mutantes que se pueden considerar con hojas muy cerradas se dividen en dos grupos la primera que son la 13, 9, 10 y 14 con desgranes de 15.62 a 13.97 kg/ha que representan el 1.15 a 0.93 % de pérdida de grano, y las líneas con menor pérdida de grano son la 7 y 8 con 11.40 y 9.17 kg/ha y en porcentaje de pérdida 0.86 y 0.63 % del grano total que pudo haber sido cosechado, estos dos últimos grupos tienen las hojas más cerradas, son aptas y recomendables para lugares con vientos fuertes.

Según Rodríguez (2007) reporta que en el altiplano central, la pérdida de grano en la Lasta Rosada es de 127.65 kg/ha que representa al 4.23 %, cosechada con hoz y Coarite (2014) obtuvo datos de 3.37 a 13.13 kg/ha que representa el 1.62 a 2.01 % de

pérdida de grano del total que debería haber sido cosechado de cañahuas tipo Lasta, en cambio Aro (2015) reporta datos de pérdida de grano de 293.44 a 469.13 kg/ha que son el 21.65 a 23.59 % del grano total.

Haciendo un análisis de la pérdida de cañahua, el resultado obtenido en la investigación para la Lasta Rosada o testigo se acerca más a los resultados que obtuvo Rodríguez (2007), pero las líneas mutantes presentan menores pérdidas de grano que como máximo llegan al 2 %.



**Gráfico 18. Desgrane promedio durante la cosecha de las 15 líneas de cañahua en kg/ha.**

### 6.1.11.3. Desgrane total de la cañahua

Como se puede observar en el cuadro 21 del ANVA para el desgrane durante todo el ciclo fenológico hasta la cosecha, el CV de 20.7 % demuestra la confiabilidad de los datos para esta variable, los bloques para el desgrane en kg/ha no tienen diferencias significativas, las líneas tienen diferencias altamente significativas porque tuvieron

diferentes pérdidas de grano de cañahua hasta la cosecha y durante la cosecha.

**Cuadro 21. Análisis de varianza para el desgrane total de cañahua en kg/ha**

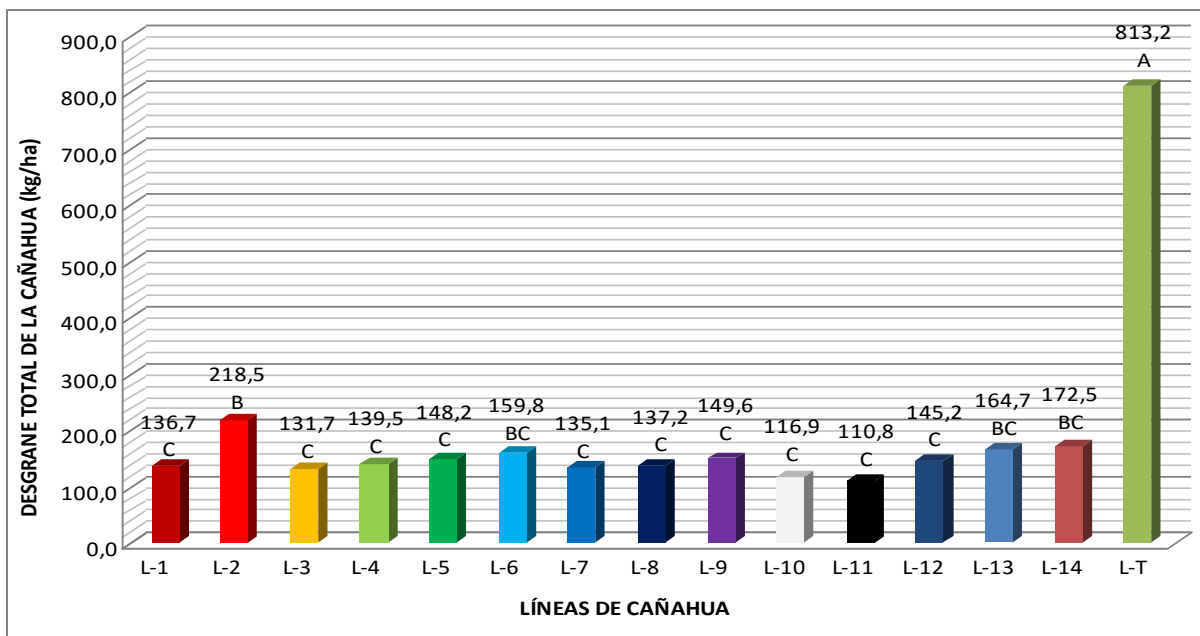
F. V.	GL	SC	CM	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
Bloque	3	11717.61	3905.87	2.47	2.761	NS
Línea	14	1690228.1	120730.58	76.32	1.863	**
Error	42	66439.511	1581.893			
Total	59	1768385.2				
CV	20.7					

Según el análisis de prueba de medias de Duncan (anexo 26) para el desgrane en kg/ha que se refleja en el gráfico 19, se ve que la línea 15 tiene una pérdida de 813.16 kg/ha del grano total, luego está la línea 2 con 218.54 kg/ha, después está el grupo intermedio que tienen un desgrane de 172.54 a 116.93 kg/ha y está conformada por las líneas 14, 5, 13, 12, 7, 6, 3, 8, 4, 1 y 10, la línea 11 es la con menos pérdida de grano con 110.80 kg/ha de desgrane y por lo tanto esta última la más recomendable para lugares con climas que tienen cambios bruscos por su bajo porcentaje de pérdida de grano.

Las variaciones de las líneas mutantes (gráfico 19) donde vemos las diferencias que hay entre la línea 15 (testigo) que tuvo la mayor pérdida de grano que es de 813.2 kg/ha el cual es el 33% que se aleja por casi 600 kg/ha de la línea mutante con mayor pérdida que es la línea 2 con 218.15 kg/ha de desgrane que es el 16 % del total del grano, y la línea con menos pérdida es la 11 con 110.80 kg/ha que es el 7.94 % como se ve en el gráfico 19.

Las grandes pérdidas de grano que tuvo la línea testigo Lasta Rosada se debió a las características de las hojas que cubren al grano de cañahua que son hojas casi planas, en cambio las cañahuas mutantes tienen las hojas modificadas y se cierran

alrededor del grano en forma muy similar a una rosa evitando la pérdida de grano antes y durante la cosecha (fotografías 12, 13 y 14).



**Gráfico 19. Desgrane promedio total de las 15 líneas de cañahua kg/ha.**



**Fotografía 12. Hojas modificadas de las cañahuas mutantes alrededor del grano para evitar su caída o pérdida.**



**Fotografía 13. Cañahua mutante con las hojas semi-cerradas.**



**Fotografía 14. Cañahua mutante con las hojas cerradas antes ser trillada.**



**Fotografía 15. Cañahua testigo (Lasta Rosada) antes de ser trillada.**

### 6.1.12. Resistencia al desgrane por granizada

El cuadro 22 para el desgrane durante la granizada en kg/ha, muestra que en los bloques hubo diferencias significativas, fue bien planteado el diseño de bloques completos al azar por las características del terreno, y entre las líneas de cañahua hay diferencias altamente significativas, la resistencia al desgrane es diferente entre las líneas de cañahua y se midió en relación a la pérdida de grano.

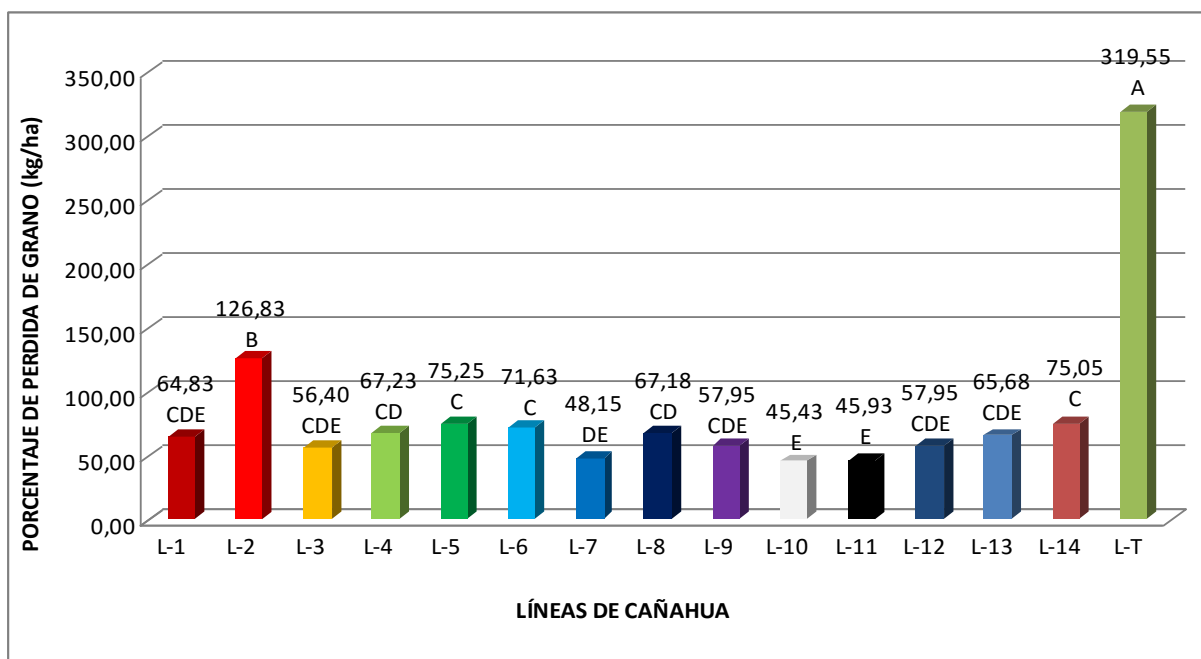
Este análisis estadístico fue realizado con datos o muestras confiables porque el CV es de 15.22 % para la resistencia a la granizada.

**Cuadro 22. Análisis de varianza para la resistencia a la granizada**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	2088.8520	696.2840	4.36	2.761	*
Línea	14	260889.9200	18634.9943	116.73	1.863	**
Error	42	6704.6880	159.6354			
Total	59	269683.4600				
CV	15.22					

El gráfico 20 fue realizado con los resultados de la prueba de medias de Duncan (anexo 27) y se ve el desgrane en kg/ha de la pérdida del grano después de una granizada, podemos apreciar que la línea con mayor pérdida de grano fue la línea 15 o testigo con 319.550 kg/ha de desgrane que significa el 13.05 % del total del grano, luego tenemos a una línea 2 que es mutante con una pérdida de grano de 126.825 kg/ha que es el 9.23 % de desgrane, y seguida el grupo que tuvieron una pérdida de grano entre 56.4 a 75.25 kg/ha son las líneas mutantes 3, 12, 9, 1, 13, 8, 4, 6, 14 y 5 que significa un desgrane de 3.4 a 5.3 % y las líneas con menor desgrane son 10 y 11 que representa el 3.3 %, con 45.4 y 45.9 kg/ha, lo que significa que tienen mayor resistencia a la granizada por su baja pérdida de grano.

Las líneas mutantes tienen menor pérdida por las hojas modificadas en forma de pétalos de rosa, que se cierran alrededor del grano y son más gruesas a diferencia de la Lasta Rosada que tienen las hojas rectas o casi planas, teniendo una baja resistencia la pérdida de grano por los golpes de granizo.



**Gráfico 20. Pérdida promedio de grano después de la granizada en kg/ha.**

### 6.1.13. Resistencia a la helada

Como se observa en el cuadro 23 no existen diferencias estadísticamente apreciables entre bloques y la resistencia a la helada es una característica propia de cada línea de cañahua, esto ocurrió porque la helada llegó a todo el cultivo por igual por estar en una zona casi sin pendiente, entre las líneas de cañahua hay diferencias significativas por lo que las líneas de cañahuas tienen diferentes resistencias a la helada, algunas pueden tener alta resistencia y otras ser muy vulnerables a este factor climático, el CV es de 24.82% indica que los datos tomados después de la helada son confiables.

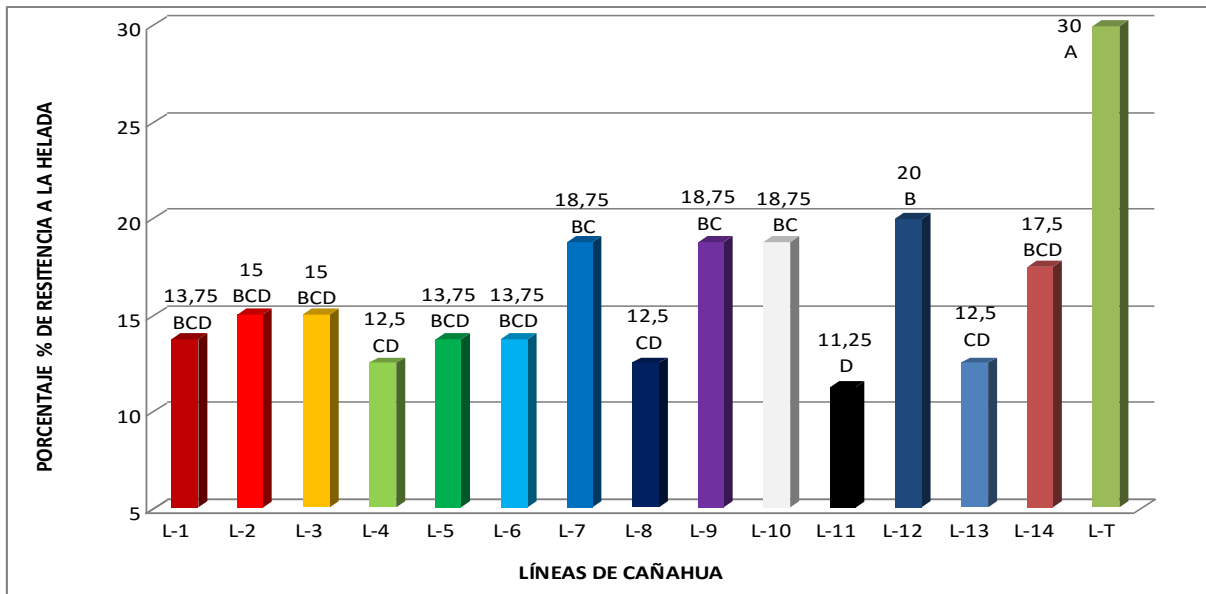


**Cuadro 23. Análisis de varianza para la resistencia a la helada**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque	3	44.583333	14.861111	0.91	2.761	NS
Línea	14	1250.00000	89.285714	5.46	1.863	*
Error	42	686.666667	16.349206			
Total	59	1981.00000				
CV	24.82					

Como se observa en el gráfico 21, se pueden identificar las líneas de cañahua con menos severidad a la helada, y las mas resistentes.

El gráfico 21, elaborado con los resultados de la prueba de media de Duncan (anexo 28) de la resistencia a las heladas en porcentaje, la severidad fue medida del 100 % de la planta (área de follaje afectado), podemos deducir que la línea de cañahua que tuvo mayor severidad o fue más vulnerable a la helada es la línea 15 o testigo (Lasta Rosada) con una severidad de 30 % del 100 % de la planta, las líneas de cañahuas afectadas con el 18.75 a 20 % de severidad son la 9, 10, 7 y 12 y las cañahuas mutantes que se encuentran en el centro de los extremos son la 5, 6, 1, 2, 3 y 14 que fueron afectadas en un porcentaje de 13.75 a 17.50 %, y las líneas con más resistencia a la helada son la 8, 13 y 4 con un 12.50 % y la línea mutante de cañahua que presentó mayor resistencia a la helada es la 11 que fue afectada en un 11.25 % de total de la planta.



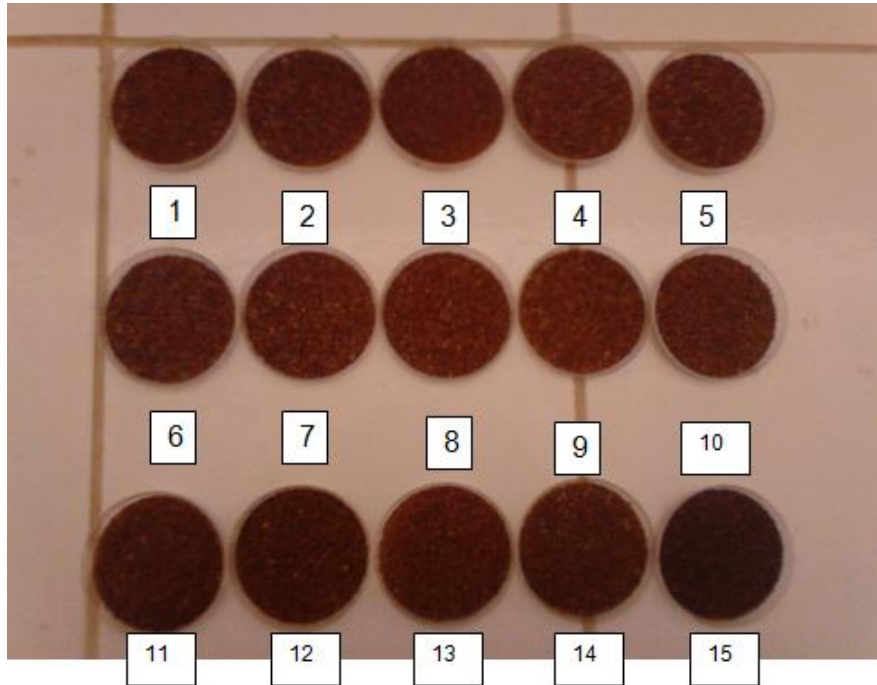
**Gráfico 21. Resistencia promedio a la helada en porcentaje de toda la planta.**

La mayor resistencia es mostrada por las cañahuas mutantes están por debajo del 20 %, se debe a la modificación de los tallos que son más gruesos, las hojas son más gruesas y grandes a diferencia de la Lasta Rosada que fue más afectada con una severidad del 30 % en promedio.

## **6.2. Resultados y discusión para las variables tomadas en laboratorio**

### **6.2.1. Color del grano de la cañahua**

El color del grano de las líneas de cañahua como se puede observar está entre dos el colores café oscuro que le pertenece a la cañahua Lasta Rosada que es el testigo o línea 15 y el color café claro del grano de las líneas de cañahuas mutantes (fotografía 16).



**Fotografía 16. Las quince líneas de cañahua sin el perigonio.**

En la fotografía 21 se observan los dos colores que resaltan las cañahuas mutantes de la 1 a la 14 con un color café claro (fotografía 18) y la cañahua testigo Lasta Rosada con un color café oscuro casi llegando a negro (fotografía 17).

En esta investigación solo se pudo evidenciar dos colores por lo que no fue necesario usar toda la tabla de colores, pero se usó como referencia la tabla de colores de Munsell (Muñoz *et al.*, 2003).

## **6.2.2. Germinación de la cañahua**

### **6.2.2.1. Germinación a las 24 horas**

El cuadro 24 con resultados del análisis de varianza para la germinación de semillas sin y con perigonio a las 24 horas muestra que los datos tomados en laboratorio son confiables con un CV igual a 13.8 %.

Existen diferencias altamente significativas en el factor del perigonio, significa que las diferencias son altamente significativas en el tiempo de germinación entre las semillas con perigonio y sin perigonio, al igual que en las líneas hay diferencias altamente significativas, las semillas de las líneas en estudio tuvieron diferentes tiempos de germinación, el cuadro 24 también indica que en la interacción (Perigonio\*líneas) hay diferencias significativas por lo que los factores no son independientes y están relacionados en el tiempo de germinación.

**Cuadro 24. Análisis de varianza para la germinación de semillas sin y con perigonio a las 24 horas**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Perigonio	1	5290.000000	5290.000000	104.50	4.001	**
Línea	14	9758.488889	697.034921	13.77	1.860	**
Perigonio *líneas	14	2150.666667	153.619048	3.03	1.860	*
Error	60	3037.333333	50.62222			
Total	89	20236.48889				
CV	13.8					

El cuadro 25 de la prueba Duncan para la germinación de semillas de cañahua a las 24 horas, refleja que las semillas de cañahua sin perigonio tienen un promedio de 59.16 % de semillas germinadas y las semillas con perigonio un 43.82 %, esto se puede tomar como un indicador cuando se siembra el cultivo de la cañahua en campo, porque las semillas de las líneas que germinan en menor tiempo en laboratorio serán más precoces en campo emergiendo antes.

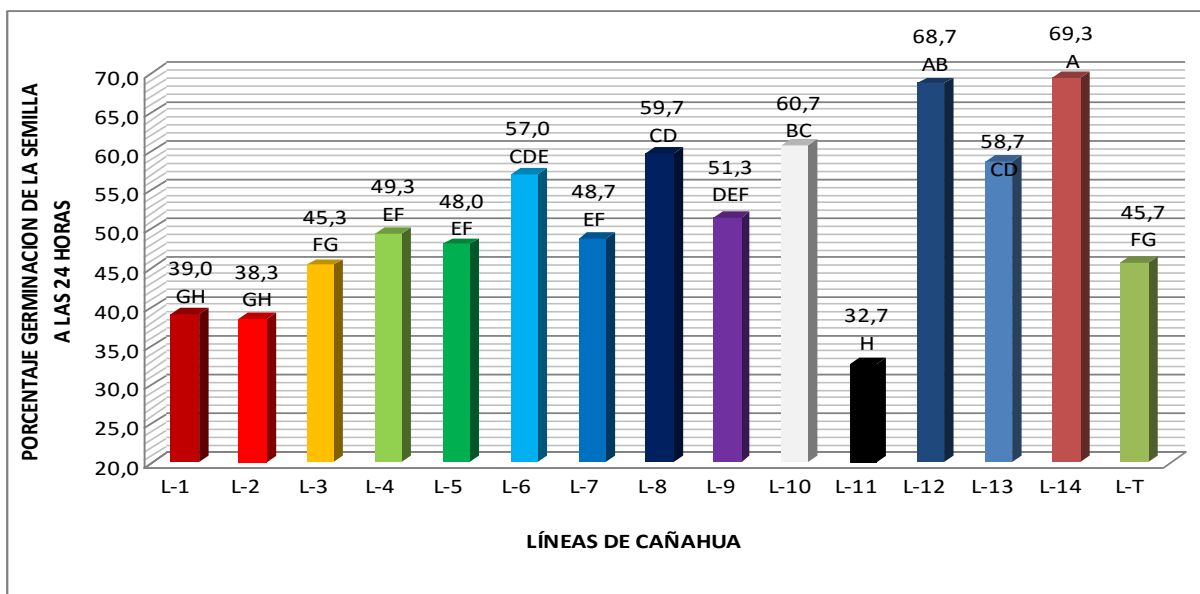
**Cuadro 25. Prueba de medias de Duncan para la germinación de semillas sin y con perigonio a las 24 horas**

Perigonio	Germinación	DUNCAN
Sin perigonio	59.156	A
Con perigonio	43.822	B

El gráfico 22, elaborada con la prueba de medias de Duncan para la germinación de semillas a las 24 horas (anexo 29) hay pocas similitudes entre las líneas y casi todas son diferentes en el tiempo de germinación, la cañahua con mayor porcentaje de semillas germinadas es la línea 14 con 69.33% seguida de la línea 12 con 68.66 %, después están las líneas 10, 8, 13, 6 y 9 con promedios de germinación que van de 60.66 a 51.33 %, estas líneas mencionadas son las que tuvieron mejores tiempos en el porcentaje de germinación y pueden ser las más precoces en la fase de emergencia durante su ciclo agrícola en campo, luego tenemos a las líneas que están por debajo del 50 % que son las líneas 4, 7, 5, 15 y 3 que van desde 49.33 a 45.33 % y las líneas con menor porcentaje de germinación fueron la 1, 2 y la 11 de 39 a 32.66 % a las 24 horas.

En la germinación de las semillas de cañahua podemos observar que ambos factores están relacionados siendo que las semillas con mayor porcentaje de germinación a las 24 horas son las semillas sin perigonio como se ve en el cuadro 25, y también se puede deducir que las semillas que tuvieron mayor porcentaje de germinación son las que tienen el perigonio más delgado en el caso de las semillas con perigonio, esto se puede apreciar viendo que los promedios más altos de germinación en el gráfico 22 son las líneas de cañahua 12 y 14 estas mismas líneas tienen el mayor rendimiento de jipi de perigonio y por lo tanto el perigonio más delgado y la línea 1 tiene el mayor rendimiento de jipi de perigonio (anexo 21) y también el menor porcentaje de

germinación y por tanto su perigonio es más grueso que en las otras semillas.



**Gráfico 22. Promedio de la germinación de las semillas con y sin perigonio a las 24 horas.**

### 6.2.2.2. Germinación a las 36 horas

El cuadro 26 muestra que el CV es 5,6 %, lo que da confiabilidad a los datos tomados en el laboratorio para la germinación de semillas, también indica que los factores de perigonio en las semillas (con y sin perigonio) y entre las líneas hubo diferencias significativas en el porcentaje de germinación de las semillas a las 36 horas, pero en la interacción (perigonio\*líneas) no hay diferencias significativas por lo que los factores son independientes a las 36 horas y no afecta en el tiempo de germinación de las semillas de cañahua.

**Cuadro 26. Análisis de varianza para la germinación de semillas sin y con perigonio a las 36 horas**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Perigonio	1	243.377778	243.377778	8.68	4.001	*
Línea	14	1446.933333	103.352381	3.69	1.860	*
Perigonio *líneas	14	652.622222	46.615873	1.66	1.860	NS
Error	60	1682.666667	28.044444			
Total	89	4025.600000				
CV	5.6					

Según el cuadro 27 de la prueba de medias Duncan para la germinación de semillas de cañahua a las 36 horas, muestra que las semillas sin perigonio tienen el 95.38 % de poder germinativo y las semillas con perigonio el 92.09 % a las 36 horas y por lo tanto las semillas sin perigonio son más precoces.

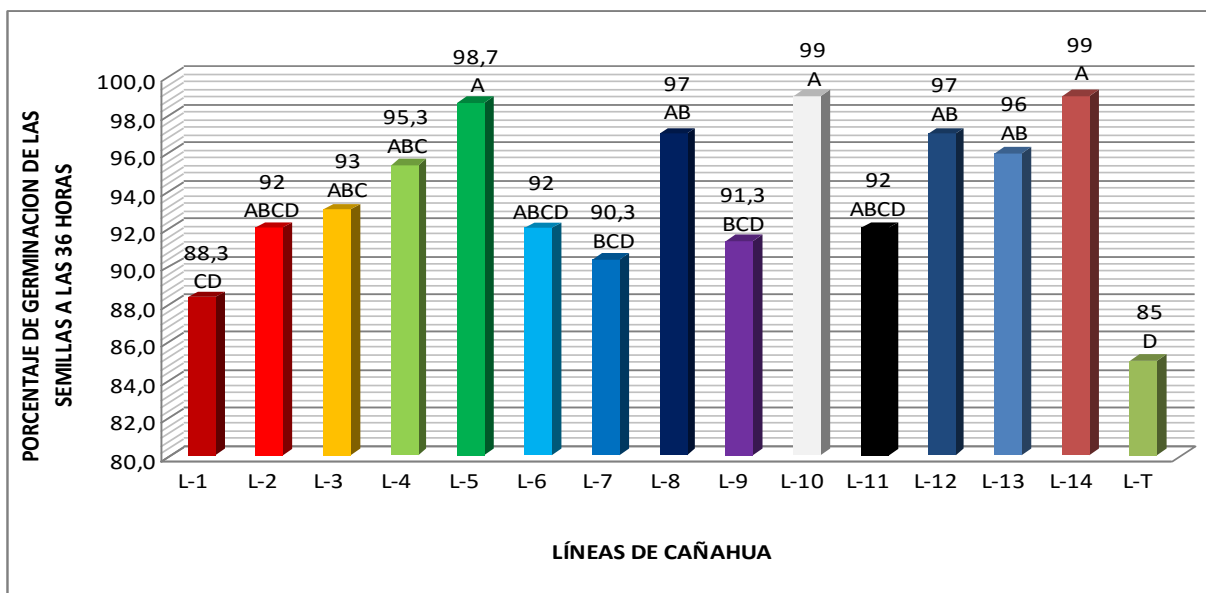
**Cuadro 27. Prueba de medias de Duncan para la germinación de semillas sin y con perigonio a las 36 horas**

Perigonio	Germinación	DUNCAN
Sin perigonio	95.378	A
Con perigonio	92.089	B

El gráfico 23 muestra las diferencias en la germinación que hay entre las diferentes líneas de cañahua mutantes y el testigo, las con mayor germinación a las 36 horas son las líneas 10, 14 y 5 con 99 y 98.7 % y la línea 15 Lasta Rosada con menor germinación de semillas con el 85 %.

El gráfico 23 refleja los resultados del análisis de la prueba de medias de Duncan (anexo 30) para la germinación de semillas a las 36 horas, podemos ver que todas las

líneas de cañahua tuvieron un porcentaje de germinación arriba del 85 %, las líneas 10, 14, 5, 12, 8, 13, 4, 3, 11, 2 y 6 tienen un porcentaje de 99 a 92 % de germinación y seguidas de las líneas 9, 7 y 1 con una germinación que esta entre 91.33 a 88.33 %, la cañahua con menor porcentaje de germinación de semillas a las 36 horas es la 15 o testigo con el 85 %, con estos resultados las líneas de las cañahuas mutantes serán más precoces en campo.



**Gráfico 23. Promedio de la germinación de las semillas con y sin perigonio a las 36 horas.**

### 6.2.2.3. Germinación a las 48 horas

El cuadro 28 indica que existen diferencias significativas en el factor del perigonio, que significa que hay diferencias en el tiempo de germinación entre las semillas con perigonio y sin perigonio, entre las líneas no hay diferencias significativas en el tiempo de germinación, porque en las 15 líneas de cañahuas germinaron todas las semillas viables a las 48 horas, y en la interacción (Perigonio\*líneas) no existen diferencias significativas por lo que los factores son independientes y no afecta en el tiempo de



germinación, el CV de 1.3 % indica que los datos de germinación son confiables.

Los resultados de la prueba de medias de Duncan (anexo 31) para la germinación de semillas de cañahua a las 48 horas se muestra que las diferencias no son significativas, porque a las 48 horas todas las semillas viables han germinado en todas las líneas sobrepasando el 97 % (fotografías 17 y 18), lo que significa que todas las semillas obtenidas en el experimento de las 15 líneas tienen un alto poder germinativo. Las con mayor porcentaje de germinación de semillas son las líneas 14, 6, 5, 3 y 10 con 99.6 a 100 %, las que les siguen con 98.3 a 99.3 % son las líneas 15 , 11, 9, 2, 7, 13, 8, 4 y 12 y con el menor porcentaje de germinación es la línea 1 con 97.6 %, estas pruebas sirven para ver el poder germinativo de las semillas de cañahua que serán sembradas en campo, a mayor porcentaje germinación menor será la cantidad de semilla que se usaran para la siembra, en este experimento se usó la relación de 5 kg/ha.

**Cuadro 28. Análisis de varianza para la germinación de semillas sin y con perigonio a las 48 horas**

F. V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Perigonio	1	17.77777778	17.77777778	10.26	4.001	*
Línea	14	34.22222222	2.44444444	1.41	1.860	NS
Perigonio *líneas	14	12.88888889	0.92063492	0.53	1.860	NS
Error	60	104.0000000	1.73333333			
Total	89	168.8888889				
CV	1.3					



**Fotografía 17. Semillas germinadas de la línea testigo Lasta Rosada (15).**



**Fotografía 18. Semillas germinadas de las líneas mutantes.**

## 7. CONCLUSIONES

Las 15 líneas de cañahuas son diferentes en cuanto al desarrollo y crecimiento siendo las más precoces la línea de cañahuas mutantes 1 con 119 días, la 11 con 120 días y la 4 con 126 días hasta la madurez fisiológica, las más tardías es la línea 15 Lasta Rosada con 138 días comparada con las cañahuas mencionadas, por lo que podemos deducir que las líneas mutantes son más precoces.

Las líneas con mayor rendimiento de grano son la línea 15 Lasta Rosada con 1649 kg/ha, 4 con 1487.5 kg/ha, 6 con 1482 kg/ha, 13 con 1452.5 kg/ha, y la 1 con 1445.3 kg/ha, estas cañahuas mutantes las más cercanas en rendimiento de grano promedio que tuvo el testigo y están muy relacionadas a la altura, porque la línea 15 tiene 48.71 cm y las líneas 4, 6, 13 y 1 que tiene una altura promedio entre 31.27 a 31.59 cm, estas son las líneas con mayor altura y mayores rendimientos de grano. Los rendimientos de broza son también muy altos la línea 3 con 4707 kg/ha, 13 con 4565 kg/ha, 6 con 4423 kg/ha, 15 Lasta Rosada (testigo) con 4401 kg/ha y 4 con 4383.5 kg/ha como vemos la línea testigo está entre los rendimientos más bajos lo que no se esperaba por sus características, a pesar de que las líneas mutantes tenían menor número de ramas tuvieron mayores rendimientos de broza por sus hojas y tallos más gruesos.

Las cañahuas con los mejores rendimientos de grano limpio (sin perigonio) son la línea 15 con 1524.2 kg/ha, 4 con 1354.8 kg/ha, 6 con 1330 kg/ha, 13 con 1304.5 kg/ha y 1 con 1279.6 kg/ha, lo que le da valor agregado a la cañahua aumentando los ingresos de los productores.

La mayor pérdida de grano durante todo el ciclo agrícola se registró en la línea testigo 15 con 813.16 kg/ha comparada con las 14 líneas mutantes que tuvieron una pérdida de grano de 110.80 a 218.54 kg/ha, esta diferencia tan notable se debió a que las líneas mutantes tienen las hojas modificadas que se cierran alrededor del grano muy parecidas a los pétalos de rosa, en cambio las hojas que encierran el grano de la línea testigo las hojas son casi rectas o planas por eso son más vulnerables al desgrane durante la cosecha y antes de la cosecha causado por los fuertes vientos y granizadas como se vio en esta investigación.

Las cañahuas con mayor poder germinativo a las 24 horas son las líneas 14, 12, 10, 8, 13 y 6 con 66.33 a 57 %, por estos resultados se concluye que estas cañahuas con mayor poder germinativo en menor tiempo serán las más precoces en campo, al ser evaluadas a las 48 las 15 líneas germinaron por encima del 97 %, lo que las hace viables.

Por los resultados de la investigación, podemos concluir que las líneas mutantes son las recomendables para la propagación y seguir realizando investigaciones, comparadas con la Lasta Rosada la cual fue superior solo en el rendimiento de grano.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Por los resultados obtenidos se recomienda seguir haciendo investigaciones en las líneas de cañahuas mutantes derivadas de la Lasta Rosada, bajo riego óptimo para ver la precocidad de estas líneas de cañahua.
- En las líneas de cañahuas mutantes con mejores características se debe continuar las investigaciones en diferentes épocas de siembra.
- Evaluar las líneas de cañahuas en otros pisos ecológicos, para ver si son vulnerables a las enfermedades y plagas, porque durante el estudio realizado el cultivo no tuvo ninguna plaga ni enfermedad.
- Realizar estudios bromatológicos de la cañahua sembrada y cosechada en distintos pisos ecológicos, para ver la variación de la cantidad de los nutrientes.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

ALAHÑA, C. 2005. Estudio morfológico y fisiológico de los cultivos de quinua, cañahua, tarwi, oca, olluco, izaño y maca para entender los mecanismos de adaptación a factores abióticos adversos. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 73 p.

APAZA, V. 2010. Manejo y mejoramiento de Kañiwa. Convenio INIA. CIRNMA. IFAD – NUS II Bioversiti Internacional. Editorial Altiplano. Perú. 76 p.

ARO, M. 2015 Evaluación de la dehiscencia de granos desde la antesis hasta la madurez fisiológica en seis cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el centro experimental de Choquenaira, provincia Ingavi, La Paz. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 116 p.

ARDAYA, C. 2012. Comportamiento agronómico de tres variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en proceso de introducción en la localidad de Carabuco – La Paz. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 99 p.

BONIFACIO, A. 2006. Estudio de prospectiva para los productos del altiplano y los valles centrales de los andes. Informe en área alto andina de Bolivia, Ecuador y Perú. ONUDI. La Paz, Bolivia. 34 p.

BONIFACIO, A. 2010. Apuntes de la Materia de Fitomejoramiento. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.

BRAVO, R.; VALDIVIA, R.; ANDRADE, K.; PADULOSI, S.; JÄGER, M. 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha

en Perú. Universidad nacional del Altiplano UNA – Puno. CIRNMA. Bioversiti Internacional. FIDA. Roma, Italia. 135 p.

CANO, V. 1973. El cultivo de la cañahua. Universidad Técnica del Altiplano. Facultad de Ingeniería Agronomía. Boletín N° 2. Puno, Perú. 12 p.

CHAVEZ, J. 1993. Mejoramiento de plantas 1. Segunda edición. Trillas. San Felipe, México. 67 p.

COARITE, M. 2014. Evaluación del desgrane de granos antes y después de la madurez fisiológica en seis cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en dos fechas de cosecha, en la comunidad de Villa Patarani, provincia Aroma – La Paz. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 128 p.

CUBA, R. 2005. Proceso productivo del cultivo de la Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en comunidades del Ayllu Majasya Mujlli. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas. Cochabamba, Bolivia. 190 p.

DIZES, J. y BONIFACIO, A. 1991. Estudio de la microscopia electrónica de la morfología de los órganos de la Quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en relación con la resistencia a la sequía. ORSTOM. Francia. IBTA. Bolivia. 6 p.

FAO. 2008. Radiaciones para provocar mutaciones en los alimentos. “Food and Agriculture Organization of the United Nations”. IAEA. Viena, Austria. 10 p.

FLORES, R. 2006. Evaluación preliminar agronómica y morfológica del germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la estación experimental de Belén. Tesis de grado. Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía La Paz, Bolivia. 110 p.

FLORES, R. 2007. Evaluación participativa de líneas y accesiones promisorias de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en dos comunidades del cantón Chachacomani. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 97 p.

GUZMAN, J. 2003. Diseños Experimentales. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 97 p.

INE, 2009. Encuesta Nacional Agropecuaria del 2008. "Instituto Nacional de Estadística". La Paz, Bolivia. 249 p.

IPGRI, 2005. Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma – Italia. PROINPA. IDAF. La Paz, Bolivia. 45 p.

JARAMILLO, S. y M. BAENA. 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, IPGRI. Cali, Colombia. 122 p.

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



MAMANI, F. 2002. Componentes de rendimiento en la producción de grano de seis cultivares de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), Universidad Nacional del Altiplano. Escuela de Post Grado. Programa de maestría en agricultura andina. Puno, Perú. 59 p.

MAYDANA, E. 2010. Evaluación de la producción de seis variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) con participación de agricultores en la comunidad de Pacaure del municipio de Mocomoco. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 141 p.

MUJICA, A.; ORTIZ, R.; ROSSEL, J.; APAZA, V.; CANAHUA, A. 2002. Investigaciones en cañahua. Universidad Nacional del Altiplano. Escuela de post grado. Puno – Perú. 70 p.

PAREDES, R. 2012. Efecto del abonamiento con estiércol tratado de llama en la producción de fitomasa forrajera en morfotipos del pasto *nassella sp.* en Viacha provincia Ingavi, La paz – Bolivia. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 122 p.

PINTO, M.; ROJAS, W.; SOTO, J. 2008. Ficha técnica variedad Kullaca. PROINPA. La Paz, Bolivia. 30 p.

PNUD, 2011. Foro virtual cambio climático. Reducción del riesgo de desastres y su impacto en la seguridad alimentaria nacional. Documento de trabajo para el debate y la reflexión social. MDRyT. La Paz, Bolivia. 113 p.

PROINPA, 2006. Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos alto andinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Final Septiembre 2005 – Agosto 2006. La Paz – Bolivia. 415 p.

QUEROL, D. 1988. Recursos genéticos, Nuestro tesoro olvidado. Aproximación técnica y Socioeconómica. Industrial Gráfica S.A. Lima, Perú. 218 p.

QUISPE, P. 1999. Efecto de niveles de fertilización orgánica en dos cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Central. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 65 p.

RODRIGUEZ, M. 2007. Evaluación de las pérdidas de grano y grado de impurezas en cuatro métodos de cosecha de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la comunidad de Quipaquipani, Viacha. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 67 p.

ROJAS, W.; SOTO, J.; PINTO, M.; JAGER, M.; PADULOSI, S. 2010. Granos Andinos. Avances logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. PROINPA. Bioversiti Internacional. FIDA. Roma – Italia. 180 p.

SADAO, I. 1975. Apuntes de Mutagénesis. Apuntes de post graduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 39 p.

SENAMHI, 2013. Datos climáticos de las gestiones 2012 – 2013. La Paz, Bolivia. 5 p.

SOTO, J. y CARRASCO, E. 2008. Estudio del valor real y potencial de la biodiversidad de granos andinos (Quinua, Cañahua y Amaranto en Bolivia). Proyecto, Fortalecimiento de las oportunidades de ingreso y la seguridad nutricional de los

pobres rurales, a través del uso y mercadeo de especies olvidadas y subutilizadas.  
NUS. IFAD II. La Paz, Bolivia. 54 p.

# ANEXOS

### Anexo 1. Cuadro de los promedios de las variables más importantes

Línea	Días a la madurez fisiológica	Altura madurez fisiológica	N° de Ramas	Rendimiento de grano kg/ha	Broza kg/ha	jipi kg/ha	Grano limpio kg/ha	Porcentaje de la cosecha	Desgrane kg/ha	Germinación 48 horas	% del desgrane en la granizada	Severidad de la helada %
L-1	119	31.3	9	1445.3	3905.8	165.4	1279.6	27.0	136.7	97.7	13.1	13.75
L-2	122	31.3	10	1152.5	3703.5	128.1	1024.2	23.8	218.5	99.0	9.2	15
L-3	124	30.4	9	1333.0	4707.0	141.2	1191.6	21.9	131.7	99.7	5.3	15
L-4	126	31.4	10	1487.5	4383.5	132.4	1354.8	25.3	139.5	99.3	4.8	12.5
L-5	121	30.9	9	1344.0	4151.0	151.1	1192.7	24.2	148.2	99.7	4.7	13.75
L-6	124	31.5	9	1482.0	4423.0	151.8	1330.0	24.9	159.8	99.7	4.5	13.75
L-7	126	29.6	10	1244.0	4241.0	118.4	1125.5	22.7	135.1	99.0	4.5	18.75
L-8	122	30.1	10	1397.0	4208.0	148.3	1248.5	24.8	137.2	99.3	4.2	12.5
L-9	125	30.4	10	1109.0	4396.0	134.8	974.1	20.1	149.6	98.7	4.2	18.75
L-10	121	30.4	11	1367.0	4153.0	149.1	1217.7	24.6	116.9	100.0	4.1	18.75
L-11	120	26.4	9	1324.0	4032.0	141.6	1182.4	24.7	110.8	98.3	4.0	11.25
L-12	124	32.1	9	1366.0	4349.0	117.8	1248.0	23.8	145.2	99.3	3.9	20
L-13	126	31.6	10	1452.5	4565.0	147.9	1304.5	24.2	164.7	99.0	3.5	12.5
L-14	125	32.0	9	1409.5	4296.5	109.6	1299.8	24.4	172.5	99.7	3.3	17.5
L-T	138	48.7	13	1649.0	4401.0	124.7	1524.2	27.4	813.2	98.3	3.3	30

## Anexo 2. Ciclo fenológico (días a cada fase fenológica)

Bloque	Línea	Emergencia	Inicio de ramificación	Floración	Grano lechoso	Grano pastoso	Madurez fisiológica
1	L-1	14	25	70	86	93	116
1	L-2	7	25	64	81	93	114
1	L-3	7	25	64	81	93	120
1	L-4	7	25	64	81	93	120
1	L-5	7	32	64	81	93	116
1	L-6	7	25	64	81	93	124
1	L-7	14	32	70	86	93	120
1	L-8	7	25	64	81	93	116
1	L-9	14	32	70	86	93	124
1	L-10	7	25	64	81	93	116
1	L-11	17	35	74	81	93	116
1	L-12	14	25	64	81	93	120
1	L-13	7	25	70	86	93	120
1	L-14	7	25	64	81	93	120
1	L-T	7	25	81	107	118	134
2	L-1	7	25	64	81	93	116
2	L-2	14	25	64	81	93	120
2	L-3	14	32	70	86	93	124
2	L-4	14	32	64	81	93	120
2	L-5	14	42	74	86	93	124
2	L-6	7	32	70	86	97	124
2	L-7	14	25	74	86	93	120
2	L-8	14	32	74	86	93	120
2	L-9	14	38	64	81	93	124
2	L-10	16	32	74	81	93	120
2	L-11	16	42	74	81	93	116
2	L-12	14	42	70	86	93	124
2	L-13	14	32	74	86	97	120
2	L-14	14	32	70	86	93	116
2	L-T	14	32	81	122	130	142
3	L-1	14	38	70	86	93	120
3	L-2	16	25	64	81	93	124
3	L-3	26	42	74	86	93	124
3	L-4	14	42	74	86	93	128
3	L-5	14	25	70	86	93	120
3	L-6	22	49	74	86	93	124
3	L-7	22	32	74	86	93	128
3	L-8	14	38	70	86	93	124
3	L-9	22	42	74	86	93	124

3	L-10	14	42	74	86	93	124
3	L-11	14	32	74	86	93	124
3	L-12	26	49	74	86	93	124
3	L-13	14	32	74	86	93	128
3	L-14	22	32	74	86	93	128
3	L-T	14	32	81	111	120	134
4	L-1	14	25	70	86	93	124
4	L-2	14	42	74	86	93	128
4	L-3	14	25	74	86	93	128
4	L-4	14	38	64	81	93	134
4	L-5	22	25	68	86	93	124
4	L-6	14	38	70	86	97	124
4	L-7	14	32	74	86	97	134
4	L-8	24	42	74	86	93	128
4	L-9	24	42	74	86	97	128
4	L-10	30	49	74	86	93	124
4	L-11	14	38	74	86	93	124
4	L-12	24	38	64	81	93	128
4	L-13	30	42	74	86	97	134
4	L-14	14	42	74	86	97	134
4	L-T	24	42	81	122	135	140

**Anexo 3. Altura de la planta de cañahua en cada fase fenológica y número de ramas**

Bloque	Línea	Floración	Grano lechoso	Grano pastoso	Madurez fisiológica	N° de Ramas
1	L-1	25.46	27.00	29.80	34.40	10
1	L-2	24.67	30.28	34.76	34.20	10
1	L-3	24.20	26.54	30.62	33.54	9
1	L-4	25.39	29.30	32.32	36.94	10
1	L-5	25.76	28.90	31.70	32.43	9
1	L-6	22.14	27.82	33.00	35.73	8
1	L-7	23.20	25.90	28.88	31.30	11
1	L-8	25.20	28.40	29.68	31.10	9
1	L-9	23.65	27.40	30.58	36.54	11
1	L-10	22.51	26.68	29.55	32.25	11
1	L-11	18.89	20.87	24.50	25.64	9
1	L-12	24.72	30.24	34.98	39.08	10
1	L-13	22.96	26.70	30.26	32.80	10
1	L-14	24.40	30.86	35.76	36.66	8
1	L-T	24.90	33.14	45.00	53.60	12
2	L-1	24.62	26.74	28.90	30.87	9
2	L-2	24.54	27.48	29.34	31.68	10
2	L-3	22.04	25.28	28.52	30.75	10
2	L-4	21.58	24.74	26.72	27.24	9
2	L-5	23.04	26.32	29.52	31.10	9
2	L-6	24.30	26.76	28.04	30.86	10
2	L-7	23.36	26.06	28.54	32.15	11
2	L-8	24.50	26.84	28.24	31.80	9
2	L-9	25.16	26.14	28.48	28.24	8
2	L-10	25.02	28.42	31.86	32.70	12
2	L-11	20.08	22.74	25.56	28.86	10
2	L-12	21.80	26.72	29.44	28.94	10
2	L-13	24.90	26.64	28.44	31.35	11
2	L-14	26.22	29.04	31.98	34.00	10
2	L-T	23.40	31.30	48.70	50.30	12
3	L-1	21.16	23.92	28.70	29.93	9
3	L-2	25.02	27.76	31.80	33.78	10
3	L-3	16.46	19.14	24.40	29.62	9
3	L-4	17.94	21.54	24.94	29.02	9
3	L-5	16.16	20.38	26.94	30.50	9
3	L-6	16.10	19.44	25.50	27.60	7
3	L-7	17.90	20.18	23.62	27.22	8



3	L-8	19.86	21.56	24.52	28.78	9
3	L-9	16.20	18.52	23.42	26.70	10
3	L-10	17.28	19.56	24.36	26.48	8
3	L-11	18.12	20.20	25.52	27.44	9
3	L-12	19.64	21.80	25.68	28.82	9
3	L-13	21.04	23.46	29.20	31.03	9
3	L-14	16.26	18.62	22.60	28.96	10
3	L-T	25.68	28.10	40.20	44.93	14
4	L-1	22.70	25.80	27.70	29.88	9
4	L-2	18.88	21.06	24.20	25.53	8
4	L-3	19.36	21.56	25.88	27.68	7
4	L-4	23.72	25.48	30.74	32.30	10
4	L-5	21.70	22.84	25.54	29.66	10
4	L-6	22.28	24.58	29.88	31.94	9
4	L-7	18.50	20.76	25.30	27.52	9
4	L-8	16.72	18.66	23.26	28.62	11
4	L-9	18.32	20.84	27.02	30.28	10
4	L-10	18.56	20.56	25.28	30.28	11
4	L-11	17.14	19.22	22.44	23.55	7
4	L-12	22.10	24.42	28.92	31.43	8
4	L-13	20.22	22.08	27.88	31.20	10
4	L-14	18.98	21.08	24.78	28.27	9
4	L-T	21.14	24.80	43.00	46.00	13

### Anexo 4. Rendimientos

Bloque	Línea	Grano gr/m 2	Grano Kg/ha	Broza gr/m2	Broza kg/ha	Jipi kg/ha	Grano limpio kg/ha
1	L-1	141.16	1411.6	392.84	3928.4	136.41	1275.19
1	L-2	116.48	1164.8	409.52	4095.2	106.15	1058.65
1	L-3	183.48	1834.8	442.52	4425.2	170.22	1664.58
1	L-4	137.48	1374.8	400.52	4005.2	116.28	1258.52
1	L-5	138.68	1386.8	367.32	3673.2	135.73	1251.07
1	L-6	172.68	1726.8	461.32	4613.2	171.66	1555.14
1	L-7	151.08	1510.8	424.92	4249.2	107.91	1402.89
1	L-8	172.68	1726.8	437.32	4373.2	124.11	1602.69
1	L-9	135.52	1355.2	476.47	4764.7	116.10	1239.10
1	L-10	161.08	1610.8	388.92	3889.2	138.66	1472.14
1	L-11	166.68	1666.8	393.32	3933.2	143.96	1522.84
1	L-12	190.68	1906.8	441.32	4413.2	163.85	1742.95
1	L-13	148.28	1482.8	405.72	4057.2	130.18	1352.62
1	L-14	187.08	1870.8	424.92	4249.2	120.00	1750.80
1	L-T	186.2	1862.0	411.8	4118.0	124.04	1737.96
2	L-1	163.48	1634.8	400.52	4005.2	224.14	1410.66
2	L-2	118.28	1182.8	383.72	3837.2	121.47	1061.33
2	L-3	147.48	1474.8	564.52	5645.2	168.90	1305.90
2	L-4	183.07	1830.7	488.92	4889.2	199.99	1630.71
2	L-5	151.48	1514.8	488.52	4885.2	196.61	1318.19
2	L-6	169.48	1694.8	508.52	5085.2	173.94	1520.86
2	L-7	124.28	1242.8	479.72	4797.2	171.82	1070.98
2	L-8	133.48	1334.8	462.52	4625.2	168.70	1166.10
2	L-9	106.28	1062.8	429.72	4297.2	157.71	905.09
2	L-10	135.08	1350.8	466.92	4669.2	215.15	1135.65
2	L-11	116.73	1167.3	419.72	4197.2	163.06	1004.24
2	L-12	139.88	1398.8	534.12	5341.2	137.00	1261.80
2	L-13	151.08	1510.8	500.92	5009.2	208.11	1302.69
2	L-14	153.48	1534.8	462.52	4625.2	126.06	1408.74
2	L-T	148.6	1486.0	506.4	5064.0	115.87	1370.13
3	L-1	126.28	1262.8	403.72	4037.2	149.52	1113.28
3	L-2	117.48	1174.8	334.52	3345.2	159.89	1014.91
3	L-3	91.88	918.8	438.12	4381.2	106.95	811.85
3	L-4	135.28	1352.8	414.72	4147.2	113.50	1239.30
3	L-5	83.08	830.8	376.92	3769.2	79.92	750.88
3	L-6	103.88	1038.8	376.12	3761.2	127.36	911.44
3	L-7	111.11	1111.1	386.89	3868.9	105.00	1006.10
3	L-8	105.08	1050.8	364.92	3649.2	158.78	892.02
3	L-9	86.68	866.8	369.32	3693.2	138.60	728.20

3	L-10	89.88	898.8	350.12	3501.2	91.86	806.94
3	L-11	123.88	1238.8	408.12	4081.2	151.38	1087.42
3	L-12	97.48	974.8	342.52	3425.2	72.04	902.76
3	L-13	124.54	1245.4	415.45	4154.5	82.94	1162.46
3	L-14	99.88	998.8	416.12	4161.2	103.88	894.92
3	L-T	147.6	1476.0	367.4	3674.0	96.83	1379.17
4	L-1	147.08	1470.8	364.92	3649.2	151.59	1319.21
4	L-2	108.68	1086.8	353.32	3533.2	124.85	961.95
4	L-3	110.28	1102.8	437.72	4377.2	118.82	983.98
4	L-4	139.08	1390.8	448.92	4489.2	99.96	1290.84
4	L-5	164.28	1642.8	427.72	4277.2	192.17	1450.63
4	L-6	146.68	1466.8	423.32	4233.2	134.17	1332.63
4	L-7	111.08	1110.8	404.92	4049.2	88.90	1021.90
4	L-8	147.48	1474.8	418.52	4185.2	141.61	1333.19
4	L-9	115.08	1150.8	482.92	4829.2	126.75	1024.05
4	L-10	160.68	1606.8	455.32	4553.2	150.68	1456.12
4	L-11	122.28	1222.8	391.72	3917.2	107.80	1115.00
4	L-12	118.28	1182.8	421.72	4217.2	98.15	1084.65
4	L-13	157.05	1570.5	503.94	5039.4	170.35	1400.15
4	L-14	123.32	1233.2	414.67	4146.7	88.50	1144.70
4	L-T	177.15	1771.5	474.84	4748.4	162.04	1609.46

## Anexo 5. Desgrane en gr/m2

Bloque	Línea	Toma de datos cada 5 días a partir de los 110 días							Antes de la cosecha	Durante la cosecha	Total desgrane	Total desgrane en kg/ha
		110	116	121	126	131	136	141				
1	L-1	1.755	1.42	6.335						1.54	11.05	110.5
1	L-2	1.135	3.84	15.6						2.16	22.74	227.4
1	L-3	1.18	1.641	6.505						1.51	10.83	108.3
1	L-4	0.84	1.28	6.81						1.24	10.17	101.7
1	L-5	1.495	2.236	7.23						1.73	12.69	126.9
1	L-6	2.365	4.445	7.075					1.8	1.69	17.38	173.8
1	L-7	2.145	2.825	5.73						0.83	11.53	115.3
1	L-8	1.725	2.87	7.395						0.50	12.49	124.9
1	L-9	3.775	4.7	6.105					1.11	1.04	16.73	167.3
1	L-10	2.575	2.175	3.305						1.74	9.79	97.9
1	L-11	1.505	1.215	3.55						1.96	8.23	82.3
1	L-12	2.7	3.46	6.135						1.94	14.23	142.3
1	L-13	3.88	3.98	8.48						1.72	18.06	180.6
1	L-14	3.395	2.267	9.46						1.20	16.32	163.2
1	L-T	5.975	9.59	34.175	8.637	5.505			4.23	7.44	75.55	755.5
2	L-1	2.395	3.095	5.75						2.20	13.44	134.4
2	L-2	1.35	2.74	14.17						2.91	21.17	211.7
2	L-3	1.995	2.035	7.005					1.09	1.93	14.05	140.5
2	L-4	1.004	1.23	5.89						1.93	10.05	100.5
2	L-5	1.935	2.645	8.59					1.055	2.42	16.64	166.4
2	L-6	2.94	4.01	7.745					0.505	2.28	17.48	174.8
2	L-7	3.845	4	6.135						0.62	14.60	146.0
2	L-8	3.265	3.675	5.365						0.71	13.01	130.1
2	L-9	2.965	4.91	5.79					0.57	1.70	15.93	159.3

2	L-10	2.69	2.98	4.405						1.22	11.30	113.0
2	L-11	1.795	2.535	4.95						2.03	11.31	113.1
2	L-12	2.185	4.035	6.295					0.45	2.13	15.09	150.9
2	L-13	3.25	4.205	7.75						1.79	17.00	170.0
2	L-14	2.67	3.505	8.66						1.72	16.55	165.5
2	L-T	4.29	9.965	34.08	11.635	9.53	9.115		9.98	9.59	98.19	981.9
3	L-1	2.065	2.94	6.6						2.63	14.23	142.3
3	L-2	1.435	2.385	10.575					1.065	3.54	19.00	190.0
3	L-3	2.325	2.945	4.805					1.13	1.88	13.08	130.8
3	L-4	0.63	1.165	6.22	1.02				1.6	3.85	14.49	144.9
3	L-5	1.835	3.41	6.835						2.12	14.20	142.0
3	L-6	2.01	2.585	6.65					1.105	1.92	14.27	142.7
3	L-7	1.165	2.22	3.325	2.33				1.34	1.40	11.78	117.8
3	L-8	2.54	3.51	7.55					0.715	1.31	15.62	156.2
3	L-9	2.445	3.835	6.285					0.52	1.39	14.48	144.8
3	L-10	2.235	2.94	5.45					1.195	1.34	13.16	131.6
3	L-11	1.565	2.385	3.84					0.965	1.24	9.99	99.9
3	L-12	1.93	3.56	5.56					0.49	1.60	13.14	131.4
3	L-13	3.345	3.61	5.435	2.07				1.125	1.40	16.98	169.8
3	L-14	1.18	4.965	5.565	1.56				0.885	1.56	15.71	157.1
3	L-T	2.65	7.27	29.45	6.98	7.465			5.875	6.58	66.27	662.7
4	L-1	2.325	2.93	7.235					0.815	2.66	15.97	159.7
4	L-2	2.545	3.41	10.38	3.805				1.65	2.72	24.51	245.1
4	L-3	1.725	2.925	4.225	3.025				0.87	1.94	14.71	147.1
4	L-4	1.065	1.75	7.965	2.5	2.95			1.51	3.35	21.09	210.9
4	L-5	2.15	1.585	7.435					1.92	2.67	15.76	157.6
4	L-6	1.78	3.58	7.165					0.88	1.39	14.79	147.9
4	L-7	1.755	2.3	4.055	2.515	2.715			1.095	1.71	16.14	161.4

4	L-8	1.235	2.515	6.545	1.665				0.675	1.15	13.78	137.8
4	L-9	1.145	2.36	4.99	2.1				0.265	1.86	12.72	127.2
4	L-10	2.065	2.735	4.995					1.295	1.44	12.53	125.3
4	L-11	1.85	3.345	6.03					1.44	2.13	14.80	148.0
4	L-12	1.935	4.545	5.175	1.81				0.83	1.33	15.62	156.2
4	L-13	0.655	3.56	4.6	1.435	1.785			0.49	1.34	13.87	138.7
4	L-14	5.425	3.35	6.33	1.575	1.605			0.83	1.11	20.23	202.3
4	L-T		10.885	30.105	10.503	9.115	8.13	7.72		8.80	85.26	852.6

### Anexo 6. Germinación de las semillas de cañahua

Bloque	Línea	24 horas		36 horas		48 horas	
		Sin perigonio	Con perigonio	Sin perigonio	Con perigonio	Sin perigonio	Con perigonio
1	L-1	26	17	44	43	50	50
1	L-2	21	21	48	48	49	50
1	L-3	27	17	46	44	50	50
1	L-4	33	17	45	45	50	50
1	L-5	32	25	49	49	50	49
1	L-6	32	20	49	45	50	49
1	L-7	23	14	49	48	49	50
1	L-8	35	25	50	46	50	49
1	L-9	30	15	45	43	50	49
1	L-10	31	31	50	48	50	50
1	L-11	17	16	49	47	49	50
1	L-12	40	27	49	49	50	50
1	L-13	32	24	48	48	49	48
1	L-14	39	31	49	50	50	50
1	L-T	29	15	47	40	50	49
2	L-1	18	20	48	47	49	48
2	L-2	19	23	50	45	50	49
2	L-3	23	19	49	50	50	50
2	L-4	29	24	50	49	50	50
2	L-5	20	16	49	50	50	50
2	L-6	35	24	49	46	50	50
2	L-7	36	27	50	47	50	49
2	L-8	31	31	49	49	50	49
2	L-9	34	21	42	44	50	47
2	L-10	36	29	49	50	50	50
2	L-11	17	13	48	42	50	48
2	L-12	43	31	50	48	50	49
2	L-13	38	27	50	48	50	50
2	L-14	38	37	50	49	50	49
2	L-T	34	17	49	36	49	49
3	L-1	21	15	42	41	48	48
3	L-2	15	16	41	44	50	49
3	L-3	28	22	46	44	50	49
3	L-4	29	16	49	48	50	48
3	L-5	29	22	50	49	50	50
3	L-6	36	24	43	44	50	50
3	L-7	29	17	39	38	49	50
3	L-8	29	28	48	49	50	50

3	L-9	35	19	50	50	50	50
3	L-10	33	22	50	50	50	50
3	L-11	18	17	47	43	50	48
3	L-12	38	27	48	47	50	49
3	L-13	32	23	47	47	50	50
3	L-14	31	32	49	50	50	50
3	L-T	30	12	48	35	49	49



## Anexo 7. Resistencia a las heladas y granizadas

Bloque	Línea	Resistencia a la helada %	Resistencia a la granizada (pérdida de grano en kg/ha)
1	L-1	10	63.4
1	L-2	10	156.0
1	L-3	15	65.1
1	L-4	15	68.1
1	L-5	10	72.3
1	L-6	20	70.8
1	L-7	20	57.3
1	L-8	10	74.0
1	L-9	20	61.1
1	L-10	15	33.1
1	L-11	10	35.5
1	L-12	25	61.4
1	L-13	15	84.8
1	L-14	15	94.6
1	L-T	30	341.8
2	L-1	15	57.5
2	L-2	15	141.7
2	L-3	15	70.1
2	L-4	10	58.9
2	L-5	10	85.9
2	L-6	15	77.5
2	L-7	10	61.4
2	L-8	10	53.7
2	L-9	15	57.9
2	L-10	25	44.1
2	L-11	10	49.5
2	L-12	20	63.0
2	L-13	15	77.5
2	L-14	15	86.6
2	L-T	30	340.8
3	L-1	15	66.0
3	L-2	15	105.8
3	L-3	20	48.1
3	L-4	10	62.2
3	L-5	20	68.4

3	L-6	10	66.5
3	L-7	25	33.3
3	L-8	15	75.5
3	L-9	25	62.9
3	L-10	20	54.5
3	L-11	15	38.4
3	L-12	20	55.6
3	L-13	10	54.4
3	L-14	20	55.7
3	L-T	25	294.5
4	L-1	15	72.4
4	L-2	20	103.8
4	L-3	10	42.3
4	L-4	15	79.7
4	L-5	15	74.4
4	L-6	10	71.7
4	L-7	20	40.6
4	L-8	15	65.5
4	L-9	15	49.9
4	L-10	15	50.0
4	L-11	10	60.3
4	L-12	15	51.8
4	L-13	10	46.0
4	L-14	20	63.3
4	L-T	35	301.1

**Anexo 8. Prueba de madias para el número de días a la emergencia (DUNCAN)**

Línea	Días	DUNCAN
12	20	A
9	19	A
10	17	A
13	16	A
7	16	A
11	15	A
3	15	A
8	15	A
15	15	A
14	14	A
5	14	A
2	13	A
6	13	A
4	12	A
1	12	A

**Anexo 9. Prueba de madias para el número de días a inicio de ramificación (DUNCAN)**

Línea	Días	DUNCAN
9	38.5	A
12	38.5	A
10	37.0	A
11	36.7	A
6	36.0	A
8	34.3	A
4	34.3	A
13	32.8	A
15	32.8	A
14	32.8	A
3	31.0	A
5	31.0	A
7	30.3	A
2	29.3	A
1	28.3	A

**Anexo 10. Prueba de medias para el número de días a la floración (DUNCAN)**

Línea	Días	DUNCAN
15	81.0	A
11	74.0	B
13	73.0	BC
7	73.0	BC
10	71.5	BCD
14	70.5	BCD
8	70.5	BCD
3	70.5	BCD
9	70.5	BCD
6	69.5	BCD
5	69.0	BCD
1	68.5	CD
12	68.0	CD
2	66.5	D
4	66.5	D

**Cuadro 11. Prueba de medias para el número de días a grano lechoso (DUNCAN)**

Línea	Días	DUNCAN
15	115.5	A
13	86.0	B
7	86.0	B
14	84.8	B
6	84.8	B
8	84.8	B
5	84.8	B
1	84.8	B
9	84.8	B
3	84.8	B
12	83.5	B
10	83.5	B
11	83.5	B
2	82.3	B
4	82.3	B

**Anexo 12. Prueba de madias para el número de días a grano pastoso (DUNCAN)**

Línea	Días	DUNCAN
15	125.8	A
6	95.0	B
13	95.0	B
14	94.0	B
7	94.0	B
9	94.0	B
10	93.0	B
2	93.0	B
1	93.0	B
4	93.0	B
11	93.0	B
12	93.0	B
3	93.0	B
8	93.0	B
5	93.0	B

**Anexo 13. Prueba de madias para el número de días a la madurez fisiológica (DUNCAN)**

Línea	Días	DUNCAN
15	137.5	A
4	125.5	B
7	125.5	B
13	125.5	B
9	125.0	BC
14	124.5	BC
3	124.0	BCD
6	124.0	BCD
12	124.0	BCD
8	122.0	BCD
2	121.5	BCD
5	121.0	BCD
10	121.0	BCD
11	120.0	CD
1	119.0	D

**Anexo 14. Prueba de madias para la altura de planta en la fase de floración (DUNCAN)**

Línea	Altura (cm)	DUNCAN
15	23.78	A
1	23.48	A
2	23.28	A
13	22.28	A
4	22.16	A
12	22.07	A
5	21.66	AB
8	21.57	AB
14	21.46	AB
6	21.21	AB
10	20.84	AB
9	20.83	AB
7	20.74	AB
3	20.52	AB
11	18.56	B

**Anexo 15. Prueba de madias para la altura de planta en la fase de grano lechoso (DUNCAN)**

Línea	Altura (cm)	DUNCAN
15	29.23	A
2	26.64	AB
1	25.86	BC
12	25.79	BC
4	25.26	BC
14	24.90	BC
13	24.72	BC
6	24.65	BC
5	24.61	BC
8	23.86	BC
10	23.80	BC
7	23.22	CD
9	23.22	CD
3	23.13	CD
11	20.76	D

**Anexo 16. Prueba de madias para la altura de planta en la fase de grano pastoso (DUNCAN)**

Línea	Altura (cm)	DUNCAN
15	44.23	A
2	30.03	B
12	29.76	B
6	29.11	B
13	28.95	B
14	28.78	B
1	28.78	B
4	28.68	B
5	28.43	B
10	27.76	BC
9	27.38	BC
3	27.36	BC
7	26.59	BC
8	26.43	BC
11	24.51	D

**Anexo 17. Prueba de madias para la altura de planta en la fase de madurez fisiológica (DUNCAN)**

Línea	Altura (cm)	DUNCAN
15	48.71	A
12	32.07	B
14	31.97	B
13	31.59	B
6	31.53	B
4	31.38	B
2	31.30	B
1	31.27	B
5	30.92	B
9	30.44	B
10	30.43	B
3	30.40	B
8	30.08	B
7	29.55	BC
11	26.37	C

**Anexo 18. Prueba de madias para el número de ramas primarias (DUNCAN)**

Línea	N° de Ramas	DUNCAN
15	12.8	A
10	10.5	B
13	10.0	BC
7	9.8	BC
9	9.8	BC
2	9.5	BC
8	9.5	BC
4	9.5	BC
1	9.3	BC
12	9.3	BC
5	9.3	BC
14	9.3	BC
3	8.8	BC
11	8.8	BC
6	8.5	C

**Anexo 19. Prueba de madias para el rendimiento de grano con perigonio (DUNCAN)**

Línea	Rendimiento (kg/ha)	DUNCAN
15	1649.0	A
4	1487.5	AB
6	1482.0	AB
13	1452.5	ABC
1	1445.3	ABC
14	1409.5	ABCD
8	1397.0	ABCD
10	1367.0	ABCD
12	1366.0	ABCD
5	1344.0	ABCD
3	1333.0	ABCD
11	1324.0	BCD
7	1244.0	BCD
2	1152.5	CD
9	1109.0	D



**Anexo 20. Prueba de madias para el rendimiento de broza (DUNCAN)**

Línea	Rendimiento (kg/ha)	DUNCAN
3	4707.0	A
13	4565.0	AB
6	4423.0	ABC
15	4401.0	ABC
9	4396.0	ABC
4	4383.5	ABC
12	4349.0	ABC
14	4296.5	ABC
7	4241.0	ABCD
8	4208.0	ABCD
10	4153.0	ABCD
5	4151.0	ABCD
11	4032.0	BCD
1	3905.8	CD
2	3703.5	E

**Anexo 21. Prueba de madias para el rendimiento de jipi del perigonio (DUNCAN)**

Línea	Rendimiento (kg/ha)	DUNCAN
1	165.42	A
6	151.78	AB
5	151.11	AB
10	149.09	AB
8	148.30	AB
13	147.90	AB
11	141.55	AB
3	141.22	AB
9	134.79	AB
4	132.43	AB
2	128.09	AB
15	124.70	AB
7	118.41	AB
12	117.76	AB
14	109.61	B

**Anexo 22. Prueba de medias para el rendimiento del grano sin perigonio (DUNCAN)**

Línea	Rendimiento (kg/ha)	DUNCAN
15	1524.2	A
4	1354.8	AB
6	1330.0	AB
13	1304.5	ABC
14	1299.8	ABC
1	1279.6	ABC
8	1248.5	ABCD
12	1248.0	ABCD
10	1217.7	BCD
5	1192.7	BCD
3	1191.6	BCD
11	1182.4	BCD
7	1125.5	BCD
2	1024.2	CD
9	974.1	D

**Anexo 23. Prueba de medias para el índice de cosecha (DUNCAN)**

Línea	IC (%)	DUNCAN
15	0.2741	A
1	0.2699	A
4	0.2526	AB
6	0.2490	AB
8	0.2478	AB
11	0.2465	AB
10	0.2456	AB
14	0.2444	AB
5	0.2422	AB
13	0.2419	AB
2	0.2381	ABC
12	0.2375	ABC
7	0.2266	BC
3	0.2187	BC
9	0.2006	D

**Anexo 24. Prueba de madias para el desgrane antes de la cosecha en kg/ha (DUNCAN)**

Línea	Desgrane (kg/ha)	DUNCAN
15	732.14	A
2	190.21	B
14	158.21	BC
13	149.14	BCD
6	141.60	BCD
9	134.68	BCD
8	128.11	CD
12	127.74	CD
5	125.89	CD
7	123.74	CD
1	114.15	CD
4	113.57	CD
3	113.57	CD
10	102.60	CD
11	92.43	D

**Anexo 25. Prueba de medias para el desgrane durante la cosecha en Kg/ha (DUNCAN)**

Línea	Desgrane (kg/ha)	DUNCAN
15	81.025	A
2	28.325	B
4	25.925	BC
1	22.575	BCD
5	22.350	BCD
11	18.400	CDE
6	18.200	CDE
3	18.150	CDE
12	17.500	CDE
13	15.625	DE
9	14.975	DE
10	14.350	DE
14	13.975	DE
7	11.400	E
8	9.175	E

**Anexo 26. Prueba de medias para el desgrane total en kg/ha (DUNCAN)**

Línea	Desgrane (kg/ha)	DUNCAN
15	813.16	A
2	218.54	B
14	172.54	BC
13	164.74	BC
6	159.79	BC
9	149.63	C
5	148.20	C
12	145.20	C
4	139.48	C
8	137.24	C
1	136.69	C
7	135.10	C
3	131.67	C
10	116.93	C
11	110.80	C

**Anexo 27. Prueba de medias para el desgrane en kg/ha después de la granizada (DUNCAN)**

Línea	Desgrane (kg/ha)	DUNCAN
15	319.550	A
2	126.825	B
5	75.250	C
14	75.050	C
6	71.625	C
4	67.225	CD
8	67.175	CD
13	65.675	CDE
1	64.825	CDE
9	57.950	CDE
12	57.950	CDE
3	56.400	CDE
7	48.150	DE
11	45.925	E
10	45.425	E

**Anexo 28. Prueba de medias para la resistencia a la helada en porcentaje % (DUNCAN)**

Línea	Porcentaje de severidad	DUNCAN
15	30.00	A
12	20.00	B
7	18.75	BC
10	18.75	BC
9	18.75	BC
14	17.50	BCD
3	15.00	BCD
2	15.00	BCD
1	13.75	BCD
6	13.75	BCD
5	13.75	BCD
4	12.50	CD
13	12.50	CD
8	12.50	CD
11	11.25	D

**Anexo 29. Prueba de medias para la germinación de semillas de las líneas a las 24 horas en porcentaje % (DUNCAN)**

Línea	Germinación (%)	DUNCAN
14	69.333	A
12	68.667	AB
10	60.667	BC
8	59.667	CD
13	58.667	CD
6	57.000	CDE
9	51.333	DEF
4	49.333	EF
7	48.667	EF
5	48.000	EF
15	45.667	FG
3	45.333	FG
1	39.000	GH
2	38.333	GH
11	32.667	H

**Anexo 30. Prueba de medias para la germinación de semillas de las líneas a las 36 horas porcentaje % (DUNCAN)**

Línea	Germinación (%)	DUNCAN
10	99.000	A
14	99.000	A
5	98.667	A
12	97.000	AB
8	97.000	AB
13	96.000	AB
4	95.333	ABC
3	93.000	ABC
11	92.000	ABCD
2	92.000	ABCD
6	92.000	ABCD
9	91.333	BCD
7	90.333	BCD
1	88.333	CD
15	85.000	D

**Anexo 31. Prueba de medias de DUNCAN para la germinación de semillas de las líneas a las 48 horas porcentaje %**

Línea	Germinación (%)	DUNCAN
10	100.000	A
3	99.667	A
5	99.667	A
6	99.667	A
14	99.667	A
12	99.333	AB
4	99.333	AB
8	99.333	AB
13	99.000	AB
7	99.000	AB
2	99.000	AB
9	98.667	AB
11	98.333	AB
15	98.333	AB
1	97.667	B

**Anexo 32. Área de la investigación con las 15 líneas de cañahua**



**Anexo 33. Pérdida de grano de la cañahua testigo Lasta rosada**





**Anexo 34. Cultivo de la cañahua llegando a la madurez fisiológica**



**Anexo 35. Cosecha de las 15 líneas de cañahua**





**Anexo 36. Líneas de cañahuas cosechas en bolsas secando al sol**



**Anexo 37. Líneas de cañahua del estudio trilladas para ser venteadas**

