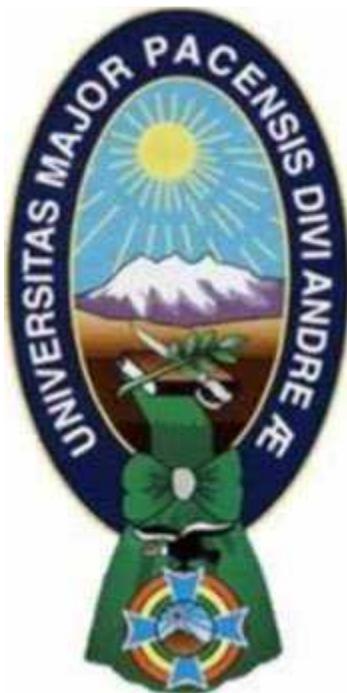


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

APLICACIÓN DE TRES MÉTODOS DE COSECHA Y SU EFECTO EN EL DESGRANE DE SEIS CULTIVARES DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*) EN LA LOCALIDAD DE CARABUCO ALTIPLANO NORTE

WILMER AMILCAR MACUCHAPI CORDOVA

LA PAZ – BOLIVIA

2017

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

**APLICACIÓN DE TRES MÉTODOS DE COSECHA Y SU EFECTO
EN EL DESGRANE DE SEIS CULTIVARES DE
CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*) EN LA LOCALIDAD
DE CARABUCO ALTIPLANO NORTE**

Tesis de Grado presentado como
Requisito para optar el Título de
Ingeniero en Agronomía

WILMER AMILCAR MACUCHAPI CORDOVA

Asesores:

Ing. M.Sc. Rubén Trigo Riveros

Comité Revisor:

Ing. M.Sc. Rene Calatayud Valdez

Ing. M.Sc. Paulino Ruiz Huanca

Ing. M.Sc. Bernardo Ticona Contreras

APROBADA

PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR:

LA PAZ – BOLIVIA

2017

DEDICATORIA

A Dios mi compañero incondicional por guiarme y cuidarme durante todos los días de mi vida.

A mis amados padres Celso Macuchapi (+) y Juana Cordova por todo el amor brindado, por todo el esfuerzo realizado sin el cual mi formación profesional y personal no hubiese sido posible.

A mis queridos hermanos Nelson, Maribel, Sara y Gaby por ser el apoyo incondicional en los buenos y malos momentos de mi vida.

A mi compañera de vida, mi amada esposa Lic. Ester Chocamani y mi hijo Mijael Yakov por tanto amor y alegrías

Los amo...

AGRADECIMIENTOS

- ❖ *A Dios que me dio las oportunidades para hacer de mi formación profesional una realidad*
- ❖ *A la Universidad Mayor de San Andrés, la Facultad de Agronomía y la Carrera de Ingeniería Agronómica por todas las experiencias y formación recibida a través de sus docentes y auxiliares de docencia.*
- ❖ *Mi más sincero agradecimiento al Proyecto “Andescrop”, que me proporciono todas las facilidades técnicas y científicas para la ejecución de este trabajo.*
- ❖ *Mi profunda gratitud a mis asesores por todo el tiempo, consejos y apoyo brindado desinteresadamente para la realización de este trabajo de investigación, al Ing. M.Sc. Rubén Trigo Riveros y al Ing. PhD. Juan Pablo Rodríguez Calle, a los dos muchísimas gracias.*
- ❖ *Al Tribunal Revisor, Ing. M.Sc. Rene Calatayud Valdez, Ing. M.Sc. Paulino Ruiz Huanca, Ing. M.Sc. Bernardo Ticona Contreras, gracias por el tiempo y las recomendaciones dadas durante la elaboración y revisión de este documento.*
- ❖ *A los técnicos investigadores del Proyecto Andescrop en la localidad de Carabuco Ing. Iber Roy Callisaya, Ing. Cliver Ardaya, por el apoyo brindado durante la etapa de campo en el seguimiento y supervisión del presente trabajo. Gracias por su amistad.*
- ❖ *A mis amigos por acompañarme durante esta etapa de mi vida, Bruno Quisbert Escobar, José Marcelo Quisbert, Javier Mamani, Willington Canaviri, Max Coronel, Franz Sangalli, Luis Fernando Rodriguez, a todos gracias por ser mi familia dentro de la facultad.*

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 <i>Objetivos.....</i>	<i>3</i>
1.1.1 <i>Objetivo General.....</i>	<i>3</i>
1.1.2 <i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>3</i>
1.2 <i>Hipótesis planteadas.....</i>	<i>3</i>
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 <i>Cañahua.....</i>	<i>4</i>
2.2 <i>Origen y distribución geográfica de la cañahua.....</i>	<i>5</i>
2.3 <i>El cultivo de cañahua en Bolivia.....</i>	<i>6</i>
2.4 <i>Características generales del cultivo.....</i>	<i>7</i>
2.4.1 <i>Características morfológicas de la cañahua.....</i>	<i>7</i>
2.4.1.1 <i>Raíz.....</i>	<i>7</i>
2.4.1.2 <i>Tallo.....</i>	<i>7</i>
2.4.1.3 <i>Hojas.....</i>	<i>7</i>
2.4.1.4 <i>Flores.....</i>	<i>8</i>
2.4.1.5 <i>Inflorescencia.....</i>	<i>8</i>
2.4.1.6 <i>Fruto.....</i>	<i>8</i>
2.4.2 <i>Hábitos de crecimiento.....</i>	<i>9</i>
2.4.2.1 <i>Saihua.....</i>	<i>9</i>
2.4.2.2 <i>Lasta.....</i>	<i>9</i>
2.4.2.3 <i>Intermedio.....</i>	<i>9</i>
2.4.3 <i>Valor nutritivo de la cañahua.....</i>	<i>10</i>
2.4.4 <i>Taxonomía.....</i>	<i>10</i>
2.4.5 <i>Fases fenológicas.....</i>	<i>11</i>
2.4.5.1 <i>Emergencia.....</i>	<i>11</i>
2.4.5.2 <i>Dos hojas verdaderas.....</i>	<i>11</i>
2.4.5.3 <i>Ramificación.....</i>	<i>11</i>
2.4.5.4 <i>Formación de inflorescencia.....</i>	<i>11</i>

2.4.5.5	<i>Floración</i>	12
2.4.5.6	<i>Grano lechoso</i>	12
2.4.5.7	<i>Grano pastoso</i>	12
2.4.5.8	<i>Madurez fisiológica</i>	12
2.4.6	<i>Requerimientos agroclimáticos</i>	12
2.4.6.1	<i>Suelo</i>	13
2.4.6.2	<i>Humedad</i>	13
2.4.6.3	<i>Temperatura</i>	14
2.4.6.4	<i>Fotoperiodo</i>	14
2.5	<i>Labores agrícolas</i>	14
2.5.1	<i>Preparación del suelo</i>	14
2.5.2	<i>Siembra</i>	15
2.5.3	<i>Deshierbe</i>	16
2.5.4	<i>Cosecha</i>	16
2.5.5	<i>Métodos de cosecha</i>	16
2.5.6	<i>Desgrane</i>	17
2.5.7	<i>Trilla</i>	18
2.5.8	<i>Venteado</i>	18
3.	LOCALIZACIÓN	19
3.1	<i>Ubicación del experimento</i>	19
3.2	<i>Características de la zona</i>	20
3.2.1	<i>Descripción fisiográfica</i>	20
3.2.2	<i>Clima</i>	20
3.2.3	<i>Características productivas</i>	21
3.2.4	<i>Uso de Suelos</i>	21
4.	MATERIALES Y METODOS	23
4.1	<i>Materiales</i>	23
4.1.1	<i>Material vegetal</i>	23
4.1.1.1	<i>Cultivar L-300</i>	23

4.1.1.2	<i>Cultivar Akapuya</i>	23
4.1.1.3	<i>Cultivar Illimani</i>	24
4.1.1.4	<i>Cultivar Kullaca</i>	25
4.1.1.5	<i>Cultivar Warikunka</i>	26
4.1.1.6	<i>Cultivar Umacutama</i>	26
4.1.2	<i>Material y equipo de campo</i>	27
4.1.3	<i>Material de gabinete</i>	28
4.2	<i>Método de campo</i>	28
4.2.1	<i>Preparación del terreno</i>,	28
4.2.2	<i>Delimitación del área experimental</i>	28
4.2.3	<i>Siembra</i>	28
4.2.4	<i>Marbeteado de plantas</i>	29
4.2.5	<i>Deshierbes</i>	29
4.2.6	<i>Implementación de colectores de grano</i>	29
4.2.7	<i>Cosecha</i>	30
4.2.7.1	<i>Corte con hoz</i>	31
4.2.7.2	<i>Corte con tijeras de podar</i>	31
4.2.7.3	<i>Arrancado manual</i>	32
4.3	<i>Método experimental</i>	32
4.3.1	<i>Diseño experimental</i>	32
4.3.2	<i>Factores de estudio</i>	33
4.3.2.1	<i>Factor A. cultivares de cañahua</i>	33
4.3.2.2	<i>Factor B. Métodos de cosecha</i>	33
4.3.3	<i>Dimensiones del área Experimental</i>	34
4.4	<i>Variables</i>	35
4.4.1	<i>Variables de estudio</i>	35
4.4.1.1	<i>Temperatura</i>	35
4.4.1.2	<i>Análisis físico químico del suelo</i>	35
4.4.2	<i>Variables de respuesta</i>	35
4.4.2.1	<i>Días a la floración (DAF)</i>	35

4.4.2.2	<i>Días a la madurez fisiológica (DMF)</i>	35
4.4.2.3	<i>Altura de planta (AP)</i>	36
4.4.2.4	<i>Rendimiento de grano (RG)</i>	36
4.4.2.5	<i>Peso de 1000 granos (PMG)</i>	36
4.4.2.6	<i>Peso volumétrico del grano (PVG)</i>	36
4.4.2.7	<i>Pérdida de grano en condiciones naturales</i>	37
4.4.2.8	<i>Pérdida de grano por acción del método de cosecha</i>	37
4.4.2.9	<i>Índice de cosecha</i>	38
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	39
5.1	<i>Variables de estudio</i>	39
5.1.1	<i>Temperatura</i>	39
5.1.2	<i>Precipitación</i>	40
5.1.3	<i>análisis físico químico de suelo</i>	41
5.2	<i>Variables de respuesta</i>	42
5.2.1	<i>Días a la floración</i>	42
5.2.1.1	<i>Comparación de medias de días a la floración entre cultivares</i>	42
5.2.2	<i>Días a la madurez fisiológica</i>	43
5.2.2.1	<i>Comparación de medias de días a la madurez fisiológica</i>	44
5.2.3	<i>Altura de planta (AP)</i>	46
5.2.3.1	<i>Comparación de medias para altura de planta</i>	46
5.2.4	<i>Rendimiento de grano (RG)</i>	48
5.2.4.1	<i>Comparación de medias para rendimiento de grano</i>	49
5.2.5	<i>Peso de 1000 granos</i>	50
5.2.5.1	<i>Comparación de medias de peso de 1000 granos</i>	51
5.2.6	<i>Peso volumétrico de grano</i>	52
5.2.6.1	<i>Comparación de medias del peso volumétrico de grano</i>	52
5.2.7	<i>Perdida de grano en condiciones naturales</i>	54

5.2.7.1	<i>Comparación de medias para desgrane natural.....</i>	54
5.2.8	<i>Perdida de Grano por acción del método de cosecha.....</i>	56
5.2.8.1	<i>Comparación de medias para métodos de cosecha en cultivos.....</i>	57
5.2.8.2	<i>Comparación de medias para métodos de cosecha.....</i>	59
5.2.9	<i>Índice de cosecha.....</i>	60
5.2.9.1	<i>Comparación de medias para índice de cosecha en cultivos.....</i>	61
5.2.9.2	<i>Cálculo del índice de cosecha.....</i>	62
6.	CONCLUSIONES.....	63
7.	RECOMENDACIONES.....	65
8.	BIBLIOGRAFIA.....	66

ANEXOS.

1. INTRODUCCIÓN

La cañahua es una planta que responde a condiciones climáticas adversas como sequías, heladas, variaciones altas de temperatura y crece de 3000 – 4000 m.s.n.m. además que por su alto contenido de proteína, vitaminas y minerales se constituye en un alimento de alto valor nutritivo, que proporciona a su vez subproductos como la broza y jipi o rastrojo, que son empleados como forraje para el ganado, por todo lo mencionado es considerada como un recurso natural de primera calidad para el habitante de la zona andina.

Sus mayores ventajas son la adaptación a las condiciones agroclimáticas de zonas frías y altas, por encima de los 3800 msnm, donde otros cultivos no prosperan; su valor nutritivo, con 15-18 % de proteínas y un excelente balance de aminoácidos esenciales, y la posibilidad del uso integral de la planta como especie forrajera (FAO, 2010).

El cultivo de cañahua en el Altiplano, es de carácter familiar, manejado de forma tradicional, se lo realiza en muy poca escala solo para abastecer el autoconsumo de los productores y una pequeña parte de lo que se produce es comercializado en ferias. En los mercados de la ciudad no existe mucha demanda pese a su potencial nutritivo. Desde el punto de vista económico carece de importancia para los agricultores, tomando en cuenta que el área cultivada es muy pequeña con relación a otros cultivos comerciales (papa, quinua, haba, etc.).

El estudio realizado por Rodríguez durante el año 2007 señala que los ecotipos Lasta Púrpura y Lasta Amarilla presentaron pérdidas de grano similares de 252,10 kg/ha⁻¹ y 233,34 kg•ha⁻¹ respectivamente, durante su desarrollo antes de la cosecha, probablemente este comportamiento se puede atribuir a que ambos ecotipos son susceptibles a las lluvias y a las granizadas; además por su hábito de crecimiento y desarrollo morfológico tienen mayor cobertura por unidad de superficie expuesta a las granizadas y lluvias.

Mientras que el ecotipo Saihua Roja presentó un valor de pérdidas de grano intermedio de $113,62 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ posiblemente atribuible a su hábito de crecimiento erecto, el mismo que presenta menor cobertura por unidad de superficie expuesta a las lluvias y granizadas.

El ecotipo Lasta Rosada a pesar de tener mayor cobertura por unidad de superficie expuesta a las lluvias y granizadas, presentó menores pérdidas de grano antes de la cosecha con $53,44 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, lo que significa que probablemente este ecotipo es más resistente a los dos factores climáticos anteriormente mencionados.

La cañahua presenta una dehiscencia (caída del grano) variable. Es por eso que la cosecha de las plantas se debe realizar antes que la planta esté totalmente madura para evitar que un gran porcentaje de ellos caigan al suelo.

Las pérdidas de grano antes y durante la madurez pueden afectar en algunos ecotipos hasta un 30% de la producción total. Sin embargo, estas pérdidas de grano pueden ser hasta 80% a causa de las granizadas que suelen registrarse en marzo (Tapia, 1997).

Rodríguez (2007), señala que el método comúnmente utilizado en la cosecha de cañahua es el arrancado que introduce un alto porcentaje de impurezas (tierra, piedrecillas) en el grano, por eso los métodos de cosecha deben ser adecuados para disminuir la presencia de impurezas en el grano y así lograr buenos ingresos al momento de la comercialización. Estas son algunas de las dificultades con las que el agricultor tropieza en el momento de la cosecha y en el manejo de post-cosecha, las mismas que limitan el aprovechamiento comercial de este cultivo.

Por tal motivo, es necesario establecer un adecuado método de cosecha para este cultivo que responda a minimizar en lo posible la cantidad de grano caído producido por esta actividad. El presente trabajo de investigación propone cuantificar las pérdidas de grano que se presentan antes y durante la madurez fisiológica en seis cultivares de cañahua a nivel planta y plantas por área.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- *Evaluar el desgrane en seis cultivares de cañahua antes y durante la cosecha en la localidad de Carabuco, La Paz.*

1.1.2 Objetivos Específicos

- *Cuantificar el desgrane natural de seis cultivares de cañahua mediante la implementación de colectores de grano en condiciones de campo.*
- *Determinar la pérdida de grano provocado bajo tres métodos de cosecha en cada cultivar de cañahua.*
- *Determinar el rendimiento de grano de seis cultivares de cañahua.*
- *Evaluar la calidad de grano a la cosecha de seis cultivares de cañahua.*

1.2 Hipótesis planteadas

- **H₀1:** *Las pérdidas de grano provocados por tres métodos de cosecha en cada cultivar de cañahua son las mismas.*
- **H₀2:** *El desgrane natural de seis cultivares de cañahua antes de la cosecha son similares en condiciones de campo.*
- **H₀3:** *El rendimiento de grano de los seis cultivares de cañahua son estadísticamente iguales.*
- **H₀4:** *no se presentan variaciones significativas entre los cultivares sujetos a estudio, en cuanto a calidad de grano se refiere.*

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cañahua

Soto y Carrasco (2008) señalan que la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), es conocida también con el nombre de cañihua, canahua, 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.

Así mismo sostienen que la cañahua es una planta de la familia de las espinacas y tiene el mismo género botánico que la quinua, produce un grano pequeño y muy nutritivo, no es un cereal, pues no pertenece a la familia de las gramíneas. Algunos lo han clasificado como pseudo-cereal, aunque no es la clasificación más correcta, por eso hoy se lo clasifica dentro los granos andinos, junto a la quinua y el amaranto.

Desde hace muchos años atrás, ésta planta tuvo relevancia para la cultura de los Andes, que se ha constituido de forma especial en la base de la seguridad alimentaria de sus familias. Se conoce la utilidad de la planta en el uso de los granos, hojas y tallos por los productores y consumidores de la zona andina. Asimismo, son plantas adaptables contra las rigurosas condiciones de clima de las tierras altas, de acuerdo a estas características se constituye en un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria, cultural, económica y tradicional.

Sin embargo, el cultivo de cañahua se encuentra en un proceso de erosión en el país, existe una disminución del rendimiento de grano debido a factores, como el deterioro de la semilla, falta de tecnologías para el manejo del cultivo, particularmente para la cosecha y pos cosecha (Flores, 2007).

Lescano (1994), menciona esta quenopodiácea tiene gran importancia no solo en la producción de grano sin saponina y de alto valor biológico, sino por las enormes posibilidades de uso como forraje verde de alto valor nutritivo. Además la kañihua presenta un alto contenido proteínico, tiene buena adaptabilidad a factores

edáficos y ambientales que muy pocas especies pueden competir con ella, sin embargo aún no se conoce mucho sobre las relaciones de requerimientos hídricos, fotoperiodismo, etc.

2.2 Origen y distribución geográfica de la cañahua

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

La planta de cañahua se desarrolla muy bien en el Altiplano (3200 a 4300 msnm), principalmente en la meseta andina 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 desarrollar.

Las zonas tradicionales de cultivo y de distribución de cañahua estaban en las Provincias Pacajes, parte de Ingavi, los Andes, Omasuyos y Camacho del departamento de La Paz; en la parte Norte del departamento de Oruro, en la Provincia Atahuallpa, principalmente donde se halla concentrada la cultura Chipaya; parte de las Provincias Sajama, San Pedro de Totora, Nor Carangas, Tomás Barrón y Cercado y en el departamento de Cochabamba toda la zona alta de las Provincias Bolívar, Independencia, Arque, Tapacarí y Ayopaya (Soto y Carrasco, 2008).

Por su parte Mamani (2004), señala que la distribución de la cañahua se localizada principalmente en las provincias de Omasuyos, Ingavi, los Andes, Aroma y en el departamento de Oruro, encontrándose menor área de distribución en las zonas altas de Cochabamba y en la zona Norte del Altiplano del Perú.

Lescano (1994), también menciona que la cañahua se encuentra distribuida desde la zona Norte de Ayaviri – Puno, Perú hasta la zona Norte de Oruro y la zona alta de Cochabamba, Bolivia. A su vez indica que la cañahua no tuvo más difusión fuera de las fronteras del Altiplano de Perú y Bolivia.

2.3 El cultivo de cañahua en Bolivia

En Bolivia la cañahua se cultiva en superficies pequeñas de 50 a 500 m² por familia, quienes preservan el material genético original con la finalidad de autoconsumo. La cañahua se cultiva en el departamento de La Paz, en el área de la provincia Pacajes, también en las zonas altas de la provincia Omasuyos y alrededor de la provincia Independencia en el departamento de Cochabamba (Tapia, 1997).

Según el Sistema Nacional de Seguimiento de la Seguridad Alimentaria y Alerta Temprana (SINSAAT) Bolivia durante el periodo 2001, la superficie sembrada con el cultivo de cañahua asciende a 1550 ha, con un rendimiento promedio de 645 kg/ha, siendo la producción de 1000 toneladas métricas. El cultivo y producción de cañahua son bajos y principalmente destinados al autoconsumo en un 80%, el 17% es vendida a la agroindustria de forma directa o por intermediarios y el 3% se destinaría a los mercados de abasto (en calles) y solo en forma de pito (grano tostado y molido). Para el año 2003 el Instituto Nacional de Estadística (INE), reporta que fueron cultivadas 932 ha de cañahua, con una producción de 620 t métricas y un rendimiento de 666 kg•ha⁻¹ (Soto y Carrasco, 2008).

2.4 Características generales del cultivo

2.4.1 Características morfológicas de la Cañahua

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

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

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

2.4.1.3 Hojas. Esta especie presenta hojas basales alternas con pecíolo largo y fino generalmente romboidales a diferencias de las hojas apicales que son lanceoladas y semi sesiles. La cara superior es de color verde oscuro y liso, la cara inferior de color ligeramente más claro, Las hojas basales miden de 1 a 3 cm de largo por 0,5 a 1,8 cm de ancho, con tres lóbulos, de los cuales el que se ubica en la parte central es el más notable terminando en ángulo obtuso. Las hojas basales presentan tres nervios principales bien definidas, unidas cerca de la inserción del pecíolo mientras, que en las hojas apicales solamente se puede notar la nervadura central a lo largo de la hoja (Cano, 1973).

Las hojas alternas presentan pecíolos cortos y finos, laminas engrosadas de forma romboidal y miden de 1 a 3 cm, de largo, en la parte superior se dividen en tres lóbulos, rara vez dentados, las hojas presentan tres nervaduras bien marcadas en la cara inferior que se une después de la inserción del pecíolo (Tapia, 1997).

2.4.1.4 Flores. Las flores son pequeñas de un mm de diámetro aparecen entre los 60 a 70 días después de la germinación; el perianto es simple (haploclamídeo), compuesto de cinco sépalos unidos persistentes (gamosépalos); sin pétalos; con uno a tres estambres; un ovario supero (campilotropo); unilocular de estilo corto terminado en dos estigmas filiformes; todo se halla cubierto por el perianto que forma la cáscara, pelos globosos y hojuelas, lo que indica que esta especie es autógena en un 96% (Calle, 1995).

Lescano (1994), indica que la distribución de las flores es mayor en el tercio superior de la inflorescencia, seguido por el tercio medio y el tercio inferior, además que las flores superiores inician primero el proceso de floración y la flora pical es la primera donde se produce la apertura de la misma.

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

2.4.1.6 Fruto. Tapia (1990), menciona que el fruto de la cañahua está cubierto por el perigonio y su color es generalmente gris. El pericarpio es muy fino y translucido, la semilla es de forma lenticular de 1 a 1,2 mm de diámetro y de color castaño o negro con el episperma muy fino.

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

2.4.2 Hábitos de crecimiento

Calle (1980) mencionado por Acarapi (1997), indica que en su estudio de morfología y variabilidad de cañahua considera la forma de crecimiento, para describir los siguientes tipos:

2.4.2.1 Saihua. Plantas erguidas con pocas ramas, estrechas entre sí con ramificaciones primarias y secundarias la coloración de éstas plantas varían en su tonalidad de color en morada, rosada, amarilla y anaranjada de acuerdo al contenido de los pigmentos de antocianinas y xantofilas.

2.4.2.2 Lasta. Son plantas postradas a semi-erguidas con numerosas ramas primarias y secundarias que nacen desde la base, que a la madurez fisiológica muestran las tonalidades de color morada, rosada, amarilla y anaranjada.

2.4.2.3 Intermedio. Plantas semi-erguidas con menor número de ramificaciones primarias y secundarias que también son semi-erguidas, que muchas veces se confunden con las saihuas y otras veces con lastas, esta forma de crecimiento se observó solo en plantas de color morado.

Marín (2002), menciona que ecotipos lasta y saihua presentan las siguientes características:

Los ecotipos lasta, se caracterizan por el crecimiento postrado de consistencia herbácea, anual, con tallos bastante ramificados desde la base presentando una apariencia frondosa y con mayor diámetro, con hojas simples, alternas y deltoides.

Los ecotipos saihua, presentan un crecimiento erecto de consistencia herbácea, anual, ramificaciones escasas de menor diámetro con hojas simples, alternas y deltoides.

2.4.3 Valor nutritivo de la Cañahua

Flores (2007), indica que dentro de la diversidad de los recursos alimenticios de origen andino, reconocidos con buenas características nutritivas se encuentra la cañahua (*Chenopodium pallidicaule*). Es una planta de alto valor nutritivo, su contenido de proteína fluctúa entre 14 a 19%, posee aminoácidos que el cuerpo no puede restituir o generarse por sí mismo. Otra ventaja de la cañahua, es que sus granos no tienen saponina, lo cual facilita su preparación para el consumo.

Mamani (2004), muestra el valor nutritivo y la diferencia de elementos que tienen los granos de cañahua, quinua y millmi. Como se presenta en el Cuadro 1 del Anexo, el amaranto tiene mayor contenido de proteínas que varía de 14 a 18%, seguida de la cañahua con 15,23% y por último la quinua que solo tiene 14,22%. Sin embargo la quinua tiene 67,53% de carbohidratos mayor al contenido de la cañahua con 58,58%. Por otra parte el contenido de Calcio de la cañahua es de 0,65 mg mucho más superior al que posee la quinua de 0,16 mg.

2.4.4 Taxonomía

Cronquist et al., (1966), citado por Mamani (1994), clasifica a la especie en la siguiente categoría taxonómica:

- Reino : Vegetal (plantae)
- Sub reino : Embryobionta
- División : Magnoliophyta
- Sub división : Angiospermas
- Clase : Magnoliópsida
- Sub clase : Caryophyllidae
- Orden : Caryophylliales
- Familia : Quenopodiaceae
- Género : Quenopodium
- Especie : *Chenopodium pallidicaule*
- N. común : Cañahua, kañihua, kañiwa.

2.4.5 Fases fenológicas

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

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

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

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

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

En esta fase se inicia el desarrollo vegetativo de las ramas laterales, lo que permitirá observar ecotipos con bastante follaje para su uso como recurso forrajero.

2.4.5.4 Formación de inflorescencia. *Fase en la que se observa la aparición de las primeras inflorescencias en la rama principal de la planta.*

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

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

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

2.4.5.7 Grano pastoso. Cuando los granos de cañahua al ser presionados entre las uñas se aplasta y muestra una consistencia pastosa de color blanco.

2.4.5.8 Madurez fisiológica. Cuando los granos de cañahua acumulan un máximo de materia seca y máximo tamaño de grano, por lo que se rompe la nutrición o traslado de los nutrientes hacia la semilla; se da cuando el 5% de los primeros granos inician o estén por desgranarse, iniciándose la cosecha debido a que las plantas de cañahua son muy susceptibles al desgrane y llegan a desgranarse hasta en un 50%.

2.4.6 Requerimientos agroclimáticos

El cultivo de cañahua presenta tres zonas de adaptación en Bolivia: Altiplano Central, Altiplano Norte y la Zona Alta del Valle, El clima debe ser frío con baja humedad ambiente y una precipitación pluvial que fluctúe entre 500 a 700 mm, la cañahua es resistente a una temperatura ambiente entre -3°C a 18°C. Además el cultivo se desarrolla a una altitud entre 3700 – 4200 msnm y en suelos de textura franco arenosa a arenosa, responde bien en suelos con incorporación de abono natural (Pinto, Rojas, y Soto, 2008).

Tapia (1997), citado por Quispe (2003), indica que la cañahua se cultiva en altitudes que sobrepasan los 4.300 m.s.n.m. donde no se desarrollan favorablemente otras especies alimenticias. Se relaciona directamente con las zonas agroecológicas de semialtiplano y Puna, caracterizados por bajas temperaturas. Aunque es tolerante a las sequías una vez que alcanza el estado de

inicio de ramificación (40 a 50 días después de la germinación), requiere adecuada humedad sobre todo durante los primeros 20 días después de la germinación.

La cañahua crece en climas fríos entre 3500 a 4300 msnm en regiones de mucho viento, como las pampas de las orillas del lago Titicaca, con precipitación pluvial de 700 mm. Soporta bien los climas rigurosos con heladas y sequías que son frecuentes en la zona de producción de este pseudocereal. Sin embargo los mejores rendimientos se obtienen en altitudes de 3700 a 4000 msnm (Calle, 1980).

2.4.6.1 Suelo. *Los suelos apropiados para el cultivo de cañahua deben ser mullidos, permeables y profundos más o menos de 15 a 30 cm. suelos neutros, de textura franca y franco-arcillosa, ricos en nutrientes como potasio y fósforo (Calle, 1980).*

FAO (1992), sostiene que este cultivo prefiere suelos franco arcilloso, provistos de suficiente fósforo y potasio. En cuanto a un adecuado pH este varía entre 4,8 y 8,5 mostrando cierta tolerancia a la salinidad y a la acidez del suelo.

FAO (1990), menciona que la cañahua se cultiva en suelos marginales de textura franco arcillo-arenosa, franco-arcilloso, con problemas de pedregosidad, pobre o excesivo drenaje y baja fertilidad natural.

2.4.6.2 Humedad. *Requiere de 500 a 800 mm de lluvias, pero puede tolerar períodos prolongados de sequía; muestra susceptibilidad extrema al exceso de humedad en las primeras fases de desarrollo (FAO, 2010).*

FAO (1990), afirma que la cantidad de agua existente en el suelo afecta directa o indirectamente a los procesos fisiológicos de las plantas; la deficiencia de agua tiene su efecto sobre la apertura de los estomas, la fotosíntesis, la nutrición mineral, el crecimiento, la floración y la fructificación.

Los efectos dañinos por el exceso de agua en el suelo se deben a la falta de aireación en el sistema radicular. Cuando el aireamiento del suelo es deficiente, la respiración normal de las raíces queda muy reducida y tanto la absorción de agua como la de nutrientes disminuyen, por lo tanto se habla de una sequía fisiológica.

Rivera (1995), indica que este cultivo al igual que la quinua, una vez que ya ha crecido más de 10 cm resiste muy bien a la sequía; sin embargo, un exceso de humedad durante el periodo de germinación puede afectar seriamente a las plantas de cañahua.

Tapia (1990), menciona que los excesos de humedad pueden afectar seriamente la producción, por tanto, la nivelación del terreno es muy conveniente. Además, un factor climático que puede afectar seriamente la producción del grano son las granizadas de marzo; pueden ocasionar considerables pérdidas de hasta 80%.

2.4.6.3 Temperatura. *FAO (2010), Una vez establecida la planta, es muy resistente al frío, soportando temperaturas de hasta $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante la ramificación, ya que por un mecanismo de adaptación las hojas cubren y protegen los primordios y ejes florales al atardecer, evitando el congelamiento de las partes vitales de la planta. En el otro extremo puede soportar hasta $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, si cuenta con la humedad necesaria.*

2.4.6.4 Fotoperiodo. *Es indiferente a la duración de la luz de día y muestra adaptabilidad a diferentes ambientes; experimentalmente se ha producido cañahua en Finlandia a 40° latitud Norte.*

2.5 Labores agrícolas

2.5.1 Preparación del suelo

Tapia (1997), señala que como la semilla de cañahua es un grano pequeño, responde muy bien cuando el suelo tiene una buena aradura y desterronado, lo cual favorece la germinación rápida y uniforme. La nivelación del terreno es muy

conveniente para evitar los excesos de humedad, lo cual afectaría seriamente la producción.

2.5.2 Siembra

Tapia (1990), citado por Quispe (2003), indica que la cantidad de semilla utilizada es de 4 a 8 kg/ha al sembrar en surcos, y algo más cuando es al voleo. Esta densidad está íntimamente relacionada con la clasificación del grano. Semillas de mayor tamaño que han completado su madurez requieren una menor densidad, puesto que se considera que un gramo de peso contiene entre 900 y 1000 granos de cañahua. También que la fecha de siembra está muy ligada a la localidad y variedad utilizada. Cuando el año se presenta con una primavera seca, es conveniente atrasar las siembras. Generalmente los meses de septiembre a octubre se consideran como las más adecuadas. Para la siembra se utiliza, terrenos de pastizales removidos, como suelos donde se ha cultivado papa.

La fecha de siembra está en función a la localidad, la variedad a utilizar y a los factores climáticos de la zona; asimismo la siembra puede ser al voleo o en surcos distanciados de 30 a 50 cm. Respecto a la cantidad de semilla a utilizar varía de 4 a 8 kg•ha⁻¹ cuando la siembra es en surcos y hasta kg•ha⁻¹ cuando la siembra es al voleo (Tapia, 1997).

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

2.5.3 Deshierbe

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

Tapia et al., (1979), argumentan que el número de deshierbes guarda relación con el grado de infestación; recomendándose realizar el primer deshierbe cuando las plantas tienen 20 cm de altura, o sea, alrededor de los 50 días después de la siembra.

2.5.4 Cosecha

Cossío (1995), sostiene que se debe determinar el momento oportuno de cosecha; si se la realiza antes de la madurez fisiológica se corre el riesgo de fermentación de las plantas produciendo el oscurecimiento del grano, pero si se la realiza después de la madurez fisiológica se produce fácilmente el desgrane.

Respecto al momento oportuno de cosecha, Cano (1973), concluye que esta actividad se la realiza cuando el follaje y el tallo de las plantas, alcancen una coloración total que sea característica propia del ecotipo cultivado. Además que los granos al ser presionados con la uña deben ofrecer cierta dureza.

2.5.5 Métodos de cosecha

Aroni (1995), aclara que la mayoría de los agricultores proceden a cosechar la quinua y la cañahua por medio del arrancando, pero la desventaja que tiene este método de cosecha, es que no deja la raíz en el suelo y por lo tanto no existe incorporación de materia orgánica al suelo, dejando expuesto el suelo a una erosión eólica e hídrica, como consecuencia de ello baja la fertilidad de los terrenos cultivables.

Chambi (2002), citado por Rodriguez (2007), menciona que en una evaluación realizada en tres comunidades de la provincia Pacajes, se coincidió que el método de cosecha más utilizado es el arrancado de las plantas, para luego formar parvas.

Con respecto a la cosecha con hoz, ésta se emplea en superficies pequeñas o terrenos accidentados con mucha pendiente, bajo condiciones que económica y técnicamente no permiten el empleo de maquinaria. La cosecha de granos se realiza con diferentes tipos de herramientas, según la región y el cultivo (Berlijn, 1996).

Otra forma de cosecha que se realiza es empleando hoces para segar el tallo, dejando una altura de corte variable entre 4 y 5 cm sobre el suelo (Rivera, 1995).

2.5.6 Desgrane

Las pérdidas en la cosecha se deben principalmente al derrame (desgrane) de granos y la cantidad depende de la época de recolección, si se efectúa después de la maduración fisiológica el derrame es mayor. La pérdida de granos puede estimarse seleccionando una parcela al azar de 150 m², de donde se recoge y se pesa el grano vertido. Por lo tanto, el rendimiento medio del grano vertido, comparado con el rendimiento obtenido por la recolección dará el porcentaje de las pérdidas (FAO, 1993).

Cano (1973), afirma que la cosecha debe realizarse de preferencia en horas de la mañana cuando existe humedad en las plantas, que evita un mayor desgrane. Un factor que también se debe tomar en cuenta son las pérdidas por desgrane natural que ocurren cuando se cosecha las plantas que han sobrepasado la madurez óptima.

La cañahua presenta una dehiscencia (caída del grano) variable. Es por eso que la cosecha de las plantas se debe realizar antes que la planta esté totalmente madura para evitar que un gran porcentaje de ellos caigan al suelo. Las pérdidas de grano antes y durante la madurez pueden afectar en algunos ecotipos hasta un

30% de la producción total. Sin embargo, estas pérdidas de grano pueden ser hasta 80% a causa de las granizadas que suelen registrarse en marzo (Tapia, 1997).

2.5.7 Trilla

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

2.5.8 Venteado

La limpieza mediante el viento, es uno de los métodos más simples y antiguos de limpiar el grano. Este consiste en levantar los granos a una determinada altura dejándolos caer sobre una lona y el viento se encarga de separar las impurezas más livianas como polvo, hojas, granos vacíos, etc. Pero con este método no se elimina las impurezas o materias extrañas más pesadas como arena, piedra, terrones que caen junto al grano (FAO, 1993).

Después de la trilla es necesario ventear para eliminar las hojas y tallos pequeños que quedan con el grano, generalmente se efectúa en horas de la tarde para aprovechar el viento de tal manera que los granos queden libres de paja y listos para el almacenamiento (Cossio, 1995).

3. LOCALIZACION

3.1 Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Puerto Carabuco Tercera Sección de la Provincia Camacho del departamento de La Paz. Geográficamente ubicada a $15^{\circ} 34' 58''$ de latitud Sur y $68^{\circ} 55' 30''$ de longitud Oeste.

Limita al Norte con el municipio de Mocomoco, al Sur con la provincia Omasuyos, al Este con la provincia Muñecas y al Oeste con el lago Titicaca, en la región del Altiplano Norte, a unos 162 km de la ciudad de La Paz (INE, 2000).

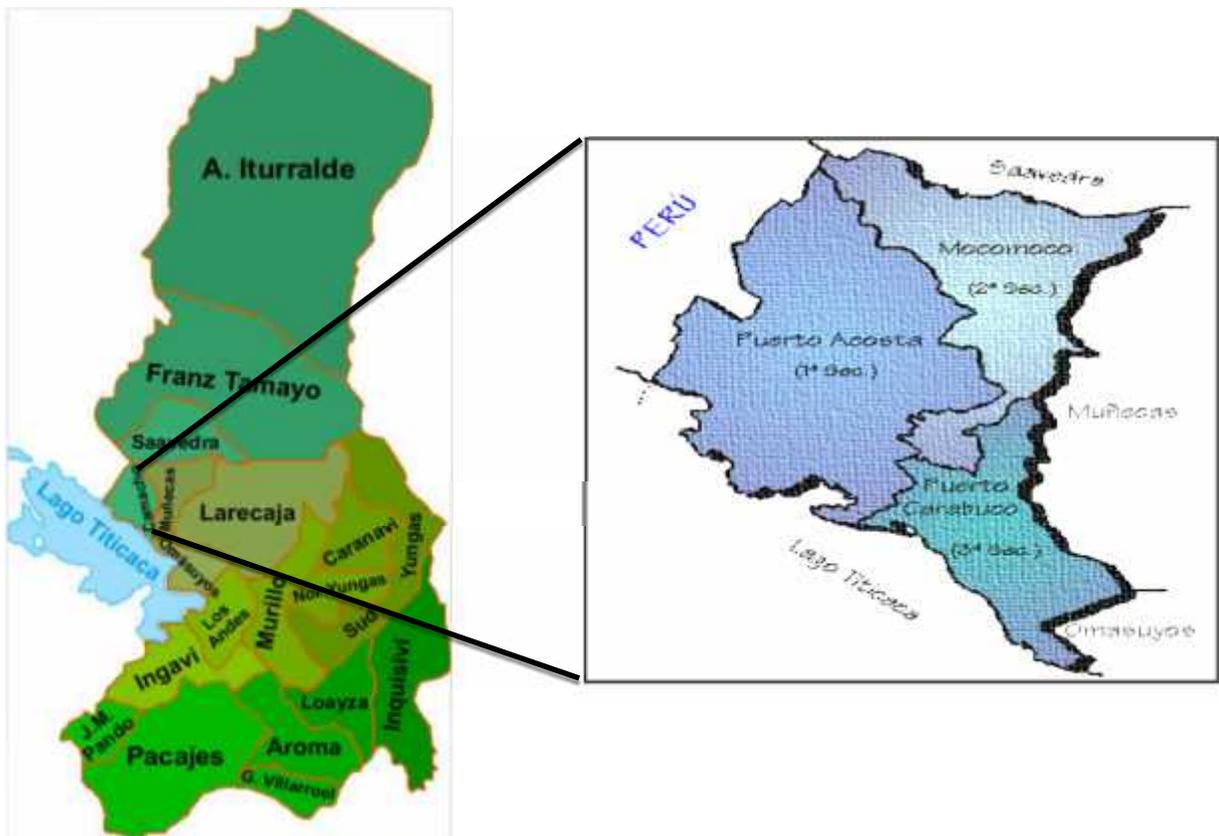


Figura 1. Mapa de ubicación de la localidad de Carabuco en la provincia Camacho del departamento de La Paz.

3.2 Características de la zona

3.2.1 Descripción fisiográfica

La localidad de Carabuco se encuentra en una zona geográficamente heterogénea, cuyas altitudes oscilan entre 3800 y 4480 msnm, estando la capital ubicada a una altitud aproximada de 3810 msnm, abarca una extensión territorial de 1.686.64 Km² (Gobierno Municipal de Carabuco, 2007).

Según el censo nacional de población y vivienda realizado el año 2012 los habitantes de esta región ascienden a un número de 14589, como principal actividad económica en la región se tiene la agricultura, ganadería, pesca y silvicultura con 6379 habitantes dedicados a dichas actividades.

3.2.2 Clima

El Gobierno Municipal de Carabuco (2007) citado por Ardaya (2012), sostiene que el clima es frío con inviernos secos y muy fríos con temperaturas que varían de 1.8°C a 14,2°C esta zona es moderadamente fría y en general semi seco, con gran amplitud térmica, debido a la intensa radiación en el día y por las tardes se tiene fuertes velocidades de vientos que incrementa la evaporación del suelo. Las heladas son moderadas o fuertes en algunas zonas de la región y se registran mayormente entre los meses de junio a agosto. Los frecuentes choques de frentes fríos son típicos en esta región, los cuales son provenientes del Altiplano, y frentes más cálidos que ascienden del Valle o vienen de la región Sub Trópico. Los vientos son predominantes de las montañas, teniendo una mayor acentuación en los meses de julio a septiembre, principalmente en horas de la tarde ($4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Las precipitaciones son cortas, presentándose casi todo el año, con diferente intensidad, haciendo que esta zona sea relativamente más húmeda con relación a las ubicadas en pisos inferiores. La precipitación total anual registrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para el año 2015 aproximadamente fue de $662 \text{ mm}\cdot\text{año}^{-1}$.

Cuna (2010), sostiene que se presentan dos épocas bien marcadas, la seca y la húmeda. La primera (meses de mayo junio, julio, agosto y parte de septiembre) son meses secos y las temperaturas medias fluctúan entre 4 a 6 °C. Estos valores de temperatura, sin embargo no representan el comportamiento de la temperatura, ya que las temperaturas mínimas y máximas extremas presentan una gran amplitud, afectando el desarrollo de los cultivos. Estas temperaturas llegan muchas veces a tomar valores de -4 °C en las madrugadas a 20 °C en horas de la tarde.

Los datos climáticos de los últimos 20 años muestran que la región presenta una precipitación promedio de 473,5 mm•año⁻¹, distribuyéndose la misma en un promedio de 78 días durante el año. El comportamiento de la distribución de las lluvias muestra que dicha época se inicia en los meses de noviembre y diciembre, alcanzando una máxima precipitación en el mes de enero y disminuye para los meses de marzo y abril.

3.2.3 Características productivas

Dadas las condiciones climáticas, el manejo de los recursos naturales en esta zona es esencialmente comunal, el agua es el recurso más escaso, por lo que las fuentes existentes son utilizadas por turno y administradas comunamente, igualmente los animales son pastoreados en terrenos comunales mediante corrales itinerantes; sin embargo las tierras no comunales, son trabajadas de forma individual y/o familiar, la producción es destinada para el autoconsumo y en menor proporción para la comercialización, en la zona se cultiva papa, haba, arveja, oca cebada, quinua, avena forrajera y tarwi principalmente (Gobierno Municipal de Carabuco, 2007).

3.2.4 Uso de suelos

En la zona existe una fuerte parcelación de tierra, la tenencia de la tierra promedio alcanza a una ha y media por familia, el uso de métodos tradicionales de cultivo es una práctica habitual, estas prácticas permiten la pérdida de cobertura vegetal y la

deforestación, los cuales provocan una mayor erosión del suelo y pérdida progresiva de suelos y fertilidad, aspectos que influyen negativamente en la productividad municipal y han afectado silenciosamente su producción agrícola tradicional como la papa, haba, arveja, tarwi y otros, asimismo, la falta de conocimiento sobre prácticas de manejo y conservación de suelos, uso racional de recursos naturales han incidido en un mayor impacto de estas sobre el medio ambiente (CUNA, 2009).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Material vegetal

Para la realización del presente trabajo se utilizaron los siguientes cultivares de cañahua.

4.1.1.1 Cultivar L-300. La variedad corresponde a la accesión número 300 de la colección de germoplasma de cañahua.

Presenta un habito de crecimiento Saihua entre otras características el tamaño del grano es mediano y su color es anaranjado – café (Bonifacio et al., 2006).

En el Cuadro 1 se detallan las características generales que presenta este cultivar.

Cuadro 1. Características morfológicas del cultivar L-300 de cañahua ¹

Hábito de Crecimiento:	Saihua
Color de planta:	Púrpura
Aspecto general de la planta:	Vigoroso
Altura de planta:	51 cm (promedio)
Cobertura vegetativa:	110 cm ² (promedio)
Rendimiento promedio:	750 kg•ha ⁻¹

¹ PROINPA, 2006.

4.1.1.2 Cultivar Akapuya. En el Cuadro 2, se detallan las características generales que presenta este cultivar:

Cuadro 2. Características generales del cultivar Akapuya de cañahua ¹

Hábito de Crecimiento:	Saihua
Color de planta:	Morado - Púrpura
Aspecto general de la planta:	Vigoroso
Altura de planta:	52 cm (promedio)
Cobertura vegetativa:	177 cm ² (promedio)
Rendimiento promedio:	1600 kg•ha ⁻¹
Color del grano	anaranjado

¹ Maydana, 2010.

4.1.1.3 Cultivar Illimani. Este cultivar corresponde a la accesión 081 de la colección de germoplasma de cañahua y es originaria de la localidad de Patacamaya ubicada en la provincia Aroma del departamento de La Paz.

Presenta un ciclo semi precoz pues alcanza la madurez fisiológica a los 160 días después de la siembra, alcanza un rendimiento promedio de 800 kg•ha⁻¹, es una variedad que presenta buena resistencia a las heladas, y una resistencia mediana en respuesta a los granizos.

Su zona de adaptación se encuentra en el Altiplano Central, Altiplano Norte y zona alta de Valle, con una temperatura ambiente que oscile entre -3 a 18 °C la precipitación óptima es de 500 a 700 mm y la altitud entre 3700 a 4200 msnm. Los suelos deben ser franco arenosos a arenosos, responde bien en suelos con incorporación de abono natural (Pinto et al., 2008).

Algunas de las características morfológicas que presenta esta variedad se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características generales del cultivar Illimani de cañahua ¹

Hábito de Crecimiento:	<i>Lasta</i>
Color de planta:	<i>Verde en floración y rosado-anaranjado en la madurez fisiológica</i>
Color de tallo:	<i>Rosado – amarillento</i>
Color de inflorescencia:	<i>Blanquecina</i>
Aspecto general de la planta:	<i>Vigoroso, con ramificaciones basales que alcanza la altura máxima de la planta.</i>
Altura de planta:	<i>54 cm (promedio)</i>
Cobertura vegetativa:	<i>34 cm² (promedio)</i>
Rendimiento promedio:	<i>800 kg•ha⁻¹</i>

¹ Pinto et al., 2008.

4.1.1.4 Cultivar Kullaca. Esta variedad corresponde a la accesión 472 de la colección de cañahua del Banco Nacional de Germoplasma Andino (BNGA) y es originaria de la localidad de Patacamaya ubicada en la provincia Aroma del departamento de La Paz. Las características generales para este cultivar se detallan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Características generales del Cultivar Kullaca de cañahua ¹

Hábito de Crecimiento:	<i>Lasta</i>
Color de planta:	<i>Verde en floración y purpura – anaranjado en la madurez</i>
Color de tallo:	<i>Púrpura</i>
Color de inflorescencia:	<i>Blanquecina</i>
Aspecto general de la planta:	<i>Vigoroso, con ramificaciones basales que alcanza la altura máxima de la planta.</i>
Altura de planta:	<i>50 cm (promedio)</i>
Cobertura vegetativa:	<i>42 cm² (promedio)</i>
Rendimiento promedio:	<i>700 kg•ha⁻¹</i>

¹ Pinto et al., 2008.

Presenta un color de grano con perigonio blanquecino-plomizo, su grano sin perigonio es de color café oscuro de tamaño grande obteniendo un diámetro de grano promedio de 1,22 mm y un espesor de 0,77 mm, no existe presencia de saponina por lo que su aceptación comercial es muy buena.

Entre sus características agronómicas tenemos que, alcanza su madurez fisiológica a los 150 días después de la siembra por lo que se puede calificar como un cultivo semi precoz, presenta una buena resistencia a las heladas y una tolerancia mediana a los granizos.

4.1.1.5 Cultivar Warikunka. En el Cuadro 5, se detalla las características generales para el cultivar Warikunka.

Cuadro 5. Características generales del Cultivar Warikunka de cañahua ¹

Hábito de Crecimiento:	<i>Lasta</i>
Color de planta:	<i>Verde en floración y amarillo en la madurez</i>
Color de tallo:	<i>Amarillo</i>
Aspecto general de la planta:	<i>Frondoso con cuatro ramas corimboideas .</i>
Altura de planta:	<i>42 cm (promedio)</i>
Cobertura vegetativa:	<i>1250 cm² (promedio)</i>
Rendimiento promedio:	<i>2100 kg•ha⁻¹</i>
Color de grano:	<i>café albino</i>
Diámetro de grano:	<i>1,8 mm (promedio)</i>

¹ Maydana, 2010.

4.1.1.6 Cultivar Umacutama. Características como origen, hábito de crecimiento, color de planta, color de tallo, aspectos generales de la planta, color de grano y modo de uso se detallan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Características generales del Cultivar Umacutama de cañahua ¹

Origen:	Coromata media provincia los Andes
Hábito de Crecimiento:	Lasta
Color de planta:	Verde en floración y rosado - morado en la madurez
Color de tallo:	Rosado
Aspecto general de la planta:	Frondoso
Altura de planta:	42 cm (promedio)
Color de grano:	Negro
Modo de uso:	Elaboración de Pito

¹ Alanoca, 2006.

4.1.2 Material y Equipo de Campo

Para la investigación se utilizaron herramientas manuales y materiales que se mencionan a continuación:

- Cámara Fotográfica
- Cinta métrica (30 m)
- Balanza digital de precisión (0,01 g)
- Pala (1 unidad)
- Picota (1 unidad)
- Azadón (1 unidad)
- Chontilla (1 unidad)
- Carretilla (1 unidad)
- Bolsas de Nylon (20 x 30 cm 100 unidades)
- Bolsas de yute (75 unidades)
- Bolsas de polietileno (10 x 20 cm 300 unidades)
- Sobres papel Kraft (oficio, 200 unidades)
- sobres papel Kraft (15 x 20 cm 200 unidades)
- Marbetes
- Hoces (2 unidades)
- Tijeras de podar (1 unidad)
- Tela de tul y gasa (100 m)
- Alambre galvanizado N° 12 (1 rollo)
- Malla milimétrica (1 m)
- Recipientes plásticos de 3000 cm³ (5 unidades)
- Probeta (10 ml)
- Pinza histológica (1 unidad)
- pincel N° 0 (1 unidad)

4.1.3 Material de gabinete

Los materiales de gabinete que se emplearon fueron material de escritorio (lápices, bolígrafos, material bibliográfico, hojas de papel bond, cuaderno) y un equipo de computación equipado con paquetes estadísticos como el SAS v 6.12, además de un flash memory.

4.2 Método de campo

4.2.1 Preparación del terreno

El terreno experimental fue preparado en el mes de Octubre de 2012 con la ayuda de tractor agrícola con arado de disco, a una profundidad de 20 – 25 cm, con el objetivo de voltear y preparar el suelo para un mejor asentamiento y desarrollo de la semilla, además de exponer a la radiación solar algunas raíces de malezas y huevos de insectos que podrían ser perjudiciales para el óptimo desarrollo del cultivo. Posterior a ello una semana antes de la fecha se siembra, también se realizó la nivelación y mullido del terreno con el objetivo de favorecer la germinación rápida y uniforme del cultivo.

4.2.2 Delimitación del área experimental

Una vez preparado el terreno se procedió a la delimitación del área experimental con la ayuda de una cinta métrica de 30 m, cordeles y estacas. El área que se delimito tuvo una dimensión de 18 x 12,5 m dando un total de 225 m², misma que se dividió en 18 unidades experimentales de 3 x 3,5 m y 2 pasillos de 1 m de ancho que separan un bloque de otro.

4.2.3 Siembra

La siembra de los seis cultivares de cañahua se realizó el 4 de diciembre de 2012, en forma manual, depositando las semillas a chorro continuo en el fondo del surco a una profundidad de 10 cm, luego se efectuó un ligero tapado con la ayuda de arbustos propios del lugar (paja). La cantidad de semilla aplicada en esta actividad fue calculada en base a una densidad de siembra de 6 kg•ha⁻¹.

4.2.4 Marbeteado de plantas

Se procedió con esta actividad apenas los cultivares comenzaron a formar sus primeras ramas, seleccionando de manera aleatoria 3 plantas por cada unidad experimental, designando un número a cada planta a fin de realizar el seguimiento correspondiente, cuidando que las plantas marbeteadas no correspondan al área conocida como borde y cabecera de la unidad experimental.

4.2.5 Deshierbes

Debido a las constantes lluvias presentes en los meses de diciembre y enero el desarrollo de las plantas consideradas como malezas se hizo más notorio, por tal motivo se realizaron los deshierbes de manera constante, esto para evitar la competencia entre el cultivo de cañahua y las plantas perjudiciales por nutrientes, agua, y luz. Las malezas que se presentaron con mayor frecuencia durante el desarrollo del presente estudio fueron:

- *Pasto kikuyo (Pennicetum clandestinum)*
- *Mostacilla (Brassica campestris)*
- *Bolsa de pastor (Capsella bursapastoris)*
- *Reloj reloj (Erodium cicutarium)*
- *Munimuni (Bidens andicola)*
- *Alfalfa (Medicago sativa)*

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

4.2.6 Implementación de colectores de grano

Con el fin de determinar la cantidad de granos caídos para cada cultivar, se procedió a seleccionar dos plantas por unidad experimental, una vez hecha la selección se limpió alrededor de la planta elegida para luego implementar los colectores de grano en el terreno.

Para el armado de estos colectores se utilizaron materiales como alambre galvanizado, varas de madera drupan de 3 cm de ancho y telas de tul y gaza. Las dimensiones con que se armaron dichos colectores fueron variables según los cultivares en los que fueron implementados debido a que estos presentan diferencias de altura en su estado de madurez fisiológica, además de la cobertura vegetal que varía entre cultivares debido al habito de crecimiento que puedan presentar los cultivares Saihua y Lasta.

El alambre galvanizado se dobló de acuerdo a las dimensiones requeridas y se unió a las varas de madera con alambre delgado, luego se recubrió el armazón ya hecho con tela gaza por la base a fin de que el grano caído no se pierda, las paredes del colector se recubrieron con tela tul a fin de darle a la planta sujeta a seguimiento las condiciones ambientales más cercanas a la realidad (Figura 2).



Figura 2. Colector de grano implementado en terreno para la recolección de grano caído.

Una vez implementados los colectores de grano en las sub parcelas del área experimental, se procedió a la recolección de todo el grano caído a causa de las condiciones ambientales y de la dehiscencia natural característica del cultivo de la Cañahua en su estado de madurez fisiológica, esta recolección se realizó con la

ayuda de pinzas histológicas, pinceles, y platillos cada 3 días hasta el día de la cosecha, guardando lo recolectado en sobres previamente marcados.

4.2.7 Cosecha

Una vez que las plantas alcanzaron la madurez fisiológica se procedió con la cosecha de las mismas en fecha 9 de mayo de 2013. Para evitar un mayor desgrane a la hora de la cosecha se realizó esta actividad en horas de la mañana aprovechando el rocío matinal que mantiene húmedas a las plantas.

Con el fin de cuantificar el nivel de desgrane ocasionado por la utilización de los distintos métodos de cosecha, se procedió a cubrir los costados del surco a cosechar a razón de un metro lineal con tela gasa, para luego de haber cosechado las plantas coleccionar todo el grano caído en un sobre de papel y pesarlo luego de haber sido debidamente limpiado.

Para la cosecha dentro de cada unidad experimental se tomó en cuenta los cuatro surcos centrales, excluyendo los surcos laterales y también medio metro a los extremos del surco para evitar el efecto de bordura. Todo lo cosechado se embolsó por separado según el cultivar y el método de cosecha empleado.

Los métodos de cosecha utilizados se describen a continuación:

4.2.7.1 Corte con hoz. *Este método de cosecha consiste en sujetar a la planta de cañahua en una mano, mientras que con la otra se realiza el corte del tallo con la hoz, dejando las raíces y parte del tallo de la planta como aporte de materia orgánica al suelo, la altura de corte aproximada para este método fue de 3 cm sobre la superficie del suelo aproximadamente.*

4.2.7.2 Corte con tijeras de podar. *Consistió en sujetar con una mano las tijeras de podar tipo pelícano, mientras que con la otra mano se toma cuidadosamente la planta a ser cortada, inmediatamente se cortó el tallo de la planta de cañahua, dejando una longitud de corte de entre 3 cm de altura sobre la superficie del suelo.*

4.2.7.3 Arrancado manual. El arrancado es el método más tradicional y consiste en arrancar del suelo toda la planta de cañahua incluyendo la raíz. Este método actualmente es realizado en varias comunidades del Altiplano, principalmente cuando las plantas de cañahua son de pequeña altura a causa de sequía o anegamiento.

4.3 Método experimental

4.3.1 Diseño experimental

El presente trabajo de investigación fue analizado bajo el diseño Bloques Completos al Azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. El análisis estadístico se efectuó tomando en cuenta el modelo lineal aditivo sugerido por Calzada (1982).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_k + \beta_i + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} = Observación del i – ésimo tratamiento en la j – ésima clase (bloque)

μ = Media general del experimento

α_k = Efecto del k – ésimo bloque

β_i = Efecto del i – ésimo tratamiento

ϵ_{ijk} = Error del experimento

Un segundo modelo estadístico se empleó para cuantificar la pérdida de grano causada por tres métodos de cosecha (hoz, corte con tijera de podar, y arrancado manual) durante el momento de la cosecha. Los cultivares fueron considerados como factor A y el método de cosecha el factor B.

Los datos fueron analizados de acuerdo al modelo estadístico lineal aditivo de Bloques Completos al azar con arreglo bifactorial, propuesto por Calzada (1982).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_k + \alpha_i + \alpha_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Cualquiera de las observaciones realizadas.

μ = Media de la población;

α_k = Efecto del k -ésimo bloque;

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A;

α_j = Efecto de la j -ésimo nivel del factor B;

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B

ϵ_{ijk} = Error asociado a la ijk -ésima observación.

4.3.2 Factores de estudio

4.3.2.1 Factor A. Cultivares de cañahua:

- **Cv1** = Illimani
- **Cv2** = L-300
- **Cv3** = Kullaca
- **Cv4** = Akapuya
- **Cv5** = Warikunca
- **Cv6** = Umacutama

4.3.2.2 Factor B. Métodos de Cosecha:

- **C1** = Arrancado manual.
- **C2** = Cosecha con hoz.
- **C3** = Cosecha con tijeras de podar.

4.3.3 Dimensiones del Área Experimental

Las dimensiones del área experimental en que se llevó a cabo el trabajo de investigación se detalla a continuación en la Figura 3.

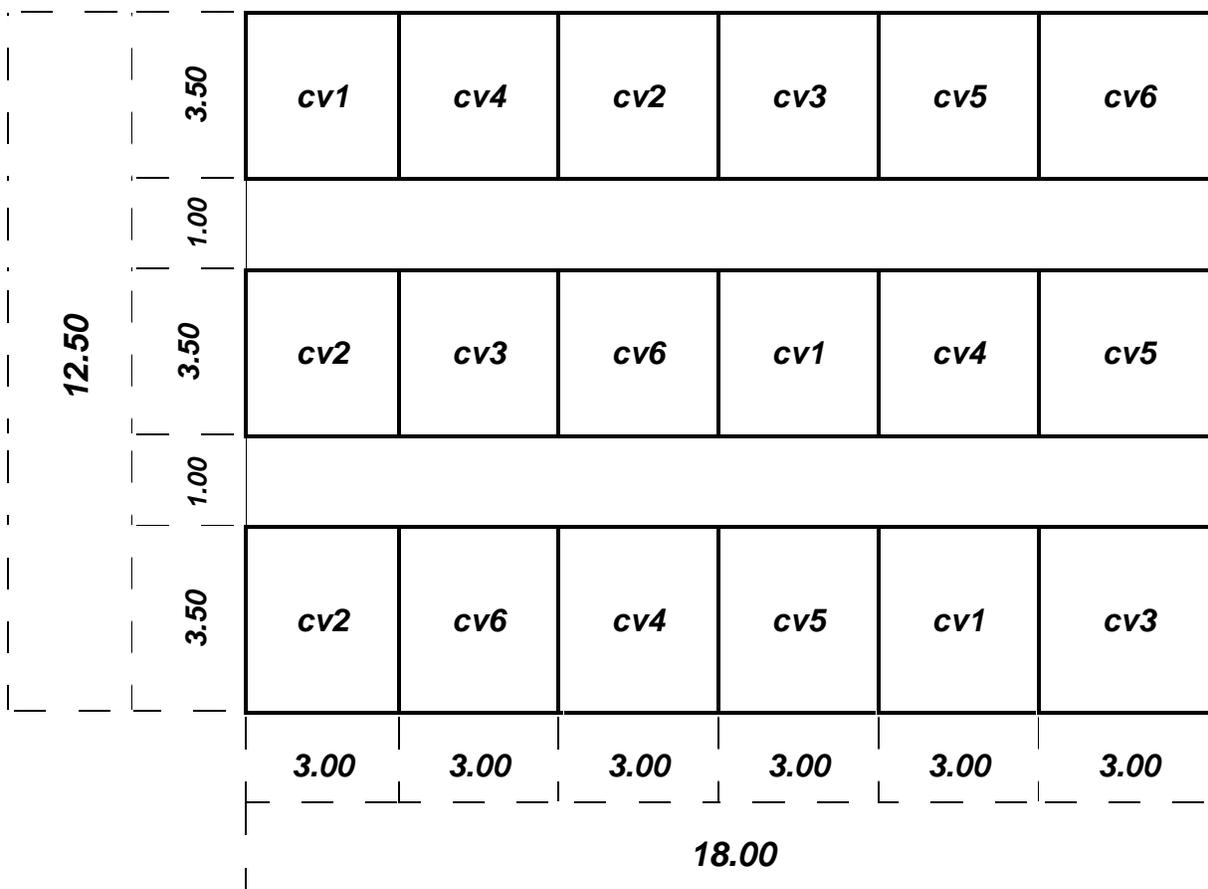


Figura 3. Croquis experimental sobre la ubicación de seis cultivares de Cañahua para la cosecha.

Area total del experimento: 225 m²

Area neta del experimento: 130 m²

Bloque: 63 m²

Unidad experimental: 10,5 m²

Distancia entre bloques: 1,0 m

Nº de surcos por tratamiento: 6

4.4 Variables

4.4.1 Variables de estudio

4.4.1.1 Temperatura. Se hizo un seguimiento de las temperaturas diarias máximas y mínimas de la localidad de Carabuco desde el mes de diciembre del 2012 hasta el mes de mayo del año 2013, la temperatura se registró en grados centígrados (°C).

4.4.1.2 Análisis físico químico del suelo. Para el análisis químico, se tomaron muestras de suelo de la parcela experimental; así se obtuvieron las cantidades exactas de N, P, K que contiene el suelo. Con estos resultados se llegó a la conclusión que no era necesario la incorporación de abono.

4.4.2 Variables de respuesta

4.4.2.1 Días a la floración (DAF). Esta variable se evaluó mediante el conteo de los días transcurridos desde que se realizó la siembra hasta el momento en que más del 50% de las plantas de cada unidad experimental presentaron floración en sus ramas principales.

4.4.2.2 Días a la madurez fisiológica (DMF). Son los días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que más del 50 % de las plantas de cada tratamiento presentaron algunos indicadores para evaluar su madurez fisiológica, tales como cambio de coloración tanto de la planta como de la panoja según el cultivar, cambio de consistencia del grano pasando de masoso a duro por lo que presenta resistencia al ser presionado con las uñas (pellizco) y la caída de los primeros granos al suelo, estos indicadores se evaluaron de forma visual y mecánica.

4.4.2.3 Altura de planta (AP). En respuesta a esta variable se tomó registro de la altura alcanzada en la fase de la madurez fisiológica, tomando en cuenta para este fin las 3 plantas marbeteadas por cada cultivar sujeto a estudio, la metodología empleada para la obtención de estos datos fue: tomar la planta previamente marcada, y medir su altura desde la base al ras del suelo hasta su ápice, con la ayuda de una cinta métrica para luego registrar los valores alcanzados en la libreta de campo.

4.4.2.4 Rendimiento de grano (RG). El rendimiento de grano se obtuvo pesando todo el grano obtenido en la unidad experimental luego de la trilla y el venteado de las plantas cosechadas, incluyendo el grano caído por acción de los métodos de cosecha en las plantas sujetas a dichos tratamientos, para la cuantificación de esta variable se cosecharon las plantas evitando el efecto de borde en la parcela, cosechando solo la parte central de cada unidad experimental. Los valores obtenidos se extrapolaron posteriormente a $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

4.4.2.5 Peso de 1000 granos (PMG). Una vez obtenido el grano libre de impurezas después de la cosecha, se procedió al conteo y el pesado de 1000 granos para cada cultivar sujeto a estudio, se repitió esta actividad cuatro veces por unidad experimental y se promediaron estos valores para obtener un valor más representativo.

4.4.2.6 Peso volumétrico del grano (PVG). El peso volumétrico se determinó con grano totalmente seco, para este fin se llevaron muestras de los seis cultivos de cañahua a la mufla durante un tiempo de 48 horas a una temperatura de 105°C , debido a la falta de una balanza de Shoop se procedió a la adecuación de un método sencillo, para lo cual se empleó una probeta graduada de 10 cm^3 en la que se registró el volumen y peso con base en semilla pura, sin descuidar los principios básicos de dicha balanza, estimándose el peso volumétrico como la densidad de semilla expresada en la siguiente relación:

$$D = \frac{P}{V_t} = \frac{(g) s se}{c^3 de se}$$

Para expresar el peso hectolitrico, se procedió a relacionar los cálculos pertinentes para los tratamientos de la siguiente forma:

$$D = \frac{g}{c^3} \times \frac{1K}{1000 g} \times \frac{1000 c^3}{1 l} \times \frac{100 l}{hl} = \left(\frac{K}{hl}\right)$$

Debido a que se usó una probeta de 10 cm³ para la obtención del peso volumétrico, la formula será la siguiente:

$$D = \frac{(X)g}{10 c^3} \times \frac{1K}{1000 g} \times \frac{1000 c^3}{1 l} \times \frac{100 l}{hl} = \left(\frac{K}{hl}\right)$$

4.4.2.7 Pérdida de grano en condiciones naturales. Esta variable se cuantifico a través del pesado de grano caído a causa de las condiciones ambientales mismo que se recogió periódicamente de los colectores de grano que se implementaron en cada unidad experimental. La cantidad obtenida luego fue extrapolada a kg)ha⁻¹.

4.4.2.8 Pérdida de grano por acción del método de cosecha. Todo el grano caído a causa del movimiento ocasionado al sujetar la planta y aplicar el método de cosecha también fue colectado en cobertores que se pusieron en la base de la planta previa a la cosecha.

Luego de limpiar el grano colectado para cada método de cosecha (corte con hoz, corte con tijera, arrancado manual), se pesó lo obtenido y se registraron estos valores primeramente en gramos por metro cuadrado y luego en kilogramos por hectárea.

4.4.2.9 Índice de cosecha. Es definida como la relación entre el peso de los granos libres de impurezas y el peso total de la planta (raíces + tallo + hoja + granos). Para determinar este parámetro se utilizó la siguiente fórmula:

$$I_c = \frac{p_{sdlgs}}{p_{stdlp}}$$

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

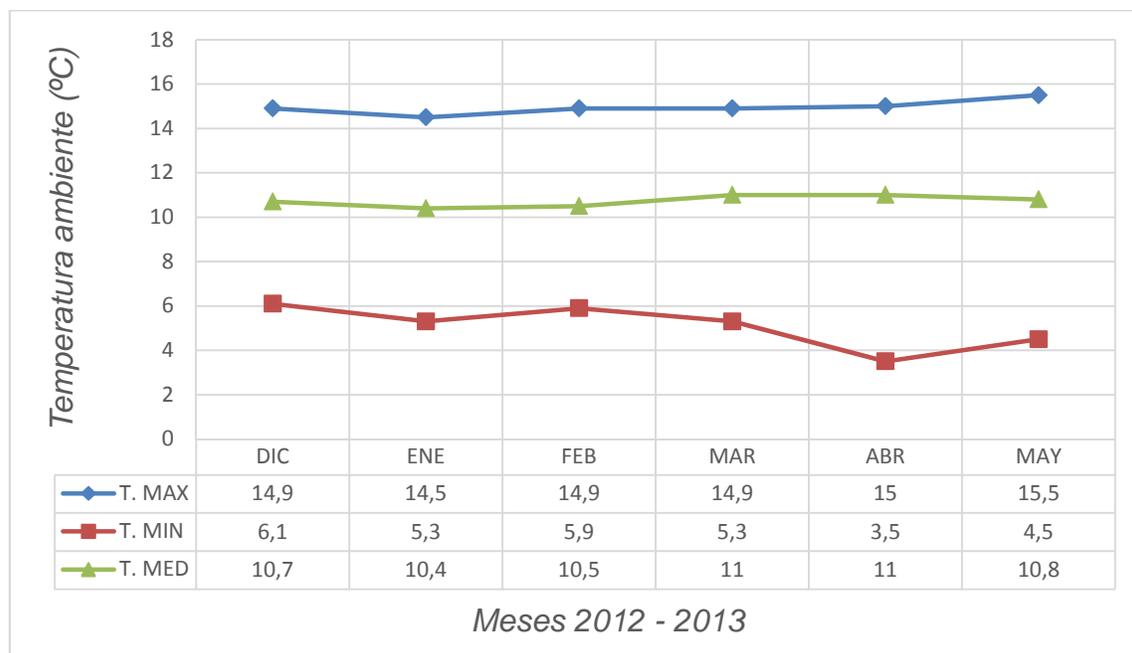
Los resultados obtenidos para el presente trabajo sobre el desgrane de seis cultivares de cañahua antes y durante la cosecha con la implementación de colectores de grano en condiciones de campo se presentan a continuación:

5.1 Variables de estudio

5.1.1 Temperatura

Corridoni (1989) afirma, la temperatura es importante para la vida de las plantas. Desde la germinación de las semillas hasta la maduración del producto debe estar dentro de los límites bien definidos como un mínimo y un máximo.

A continuación se presenta la temperatura ambiente de la localidad de Carabuco, lugar donde se hizo el trabajo de investigación. Estos valores comprenden mediciones desde el mes de diciembre de 2012 hasta el mes de mayo de 2013, periodo en el que se realizó el trabajo de campo.



Fuente: Senamhi 2016

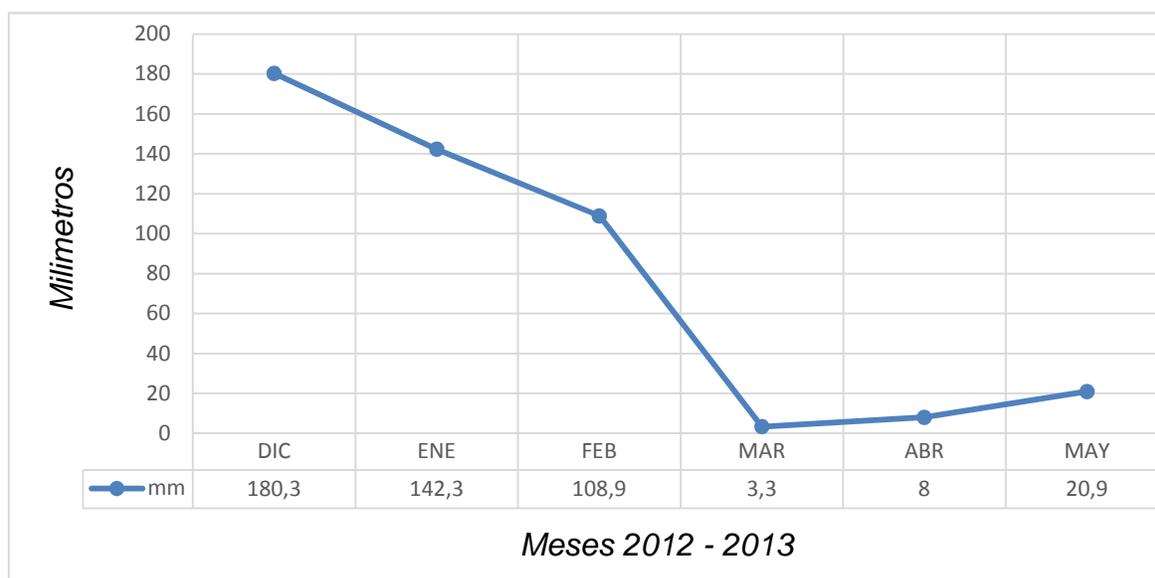
Figura 4. Temperaturas máximas mínimas y media durante el periodo diciembre 2012 a mayo 2013 en la localidad de Carabuco.

En la Figura 4 se puede observar que la temperatura media más alta registrada durante la realización del presente trabajo se determinó durante el mes de mayo con un valor de 10,8 °C, seguido del mes de diciembre que registro un valor de 10,7 °C. Mientras que la media más baja se presentó durante el mes de enero que alcanzo 10,4 °C.

En cuanto a la temperatura máxima extrema esta se registró en el mes de mayo alcanzando un valor de 15.5 °C, mientras que la mínima extrema se presentó durante el mes de abril con 3,5 °C. Sin embargo esta disminución de temperatura no afecto en el normal desarrollo del cultivo ya que este puede soportar una temperatura mínima de hasta -10 °C.

5.1.2 Precipitación

En la Figura 5, se detallan las precipitaciones del periodo en el cual se hizo el trabajo de campo; estas precipitaciones están comprendidas entre los meses de octubre de 2012 hasta mayo de 2013.



Fuente: SENAMHI, 2016

Figura 5. Precipitación pluvial registrada durante el periodo diciembre 2012 a mayo 2013 en la localidad de Carabuco.

Conforme se observa en la anterior figura el mes que presento una mayor precipitación fue el mes de diciembre con 180,3 mm, seguido del mes de enero que registro 142,3 mm, este decremento continuo durante los meses siguientes presentando el mes de febrero una precipitación de 108,9 mm. Se puede considerar al mes de marzo como el mes de mayor sequedad puesto que solo se registraron 3,3 mm, seguido por el mes de abril que alcanzo 8 mm en su acumulado mensual.

Debido a que diciembre fue el mes de mayor precipitación también fue el mes más conflictivo en cuanto a control de malezas se refiere, puesto que la excesiva humedad en el suelo además de ayudar al desarrollo de la cañahua proporciono mejores condiciones de crecimiento para plantas ajenas al cultivo.

Según Pinto (2008) el cultivo de la cañahua requiere desarrollarse en lugares que presenten una precipitación pluvial anual de 500 a 700 mm. Considerando que el total de la precipitación durante el ciclo de desarrollo del cultivo fue de 463,7 mm, y que el dato anual para la localidad de carabuco para la gestión 2013 fue de 584,6 mm se puede sostener que el cultivo recibió la cantidad necesaria de agua para un óptimo desarrollo.

5.1.3 Análisis físico químico de suelo

Según el análisis físico químico del suelo en el que se desarrollaron los seis cultivares de cañahua, este presenta una textura franco arcilloso arenoso a franco arcilloso (FYA-FY) teniendo un 45% de arena, 31% de arcilla y 24% de limo, además de un 4,08% de grava de acuerdo al método del hidrómetro de bouyoucos.

La materia orgánica presente alcanzo un 2,86% obtenida por el método de Walkley Black, el nitrógeno total un 0,14%. Por espectrofotometría se concluyó que el fosforo asimilable presente en el suelo es de 14,97 ppm, este análisis fue realizado por el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) el cual se detalla de mejor manera en la sección de anexos.

5.2 Variable de respuesta

5.2.1 Días a la floración (DAF)

El Cuadro 7, presenta los resultados del análisis de varianza para los días a la floración en seis cultivares de cañahua.

Cuadro 7. Análisis de varianza para días a la floración en seis cultivares de Cañahua.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloques	2	2,111	1,056	0,17	0,8456 ns
Cultivares	5	383,611	76,722	12,40	0,0005 *
Error	10	61,889	6,189		

CV = 2.46 % = 0,05 *Significativo ; ns No significativo

El análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas entre los seis cultivares sujetos a estudio, además que no existen diferencias estadísticas entre bloques.

El coeficiente de variación de 2,46 %, determina el alto grado de confiabilidad de los resultados obtenidos y el buen manejo del experimento.

5.2.1.1 Comparación de medias para días a la floración entre cultivares

Cuadro 8. Comparación de medias para días a la floración entre cultivares, según la prueba de Duncan

Cultivares	Días a la floración	Significancia
Akapuya	106,33	a
Umacutama	106,33	a
L -300	104,67	a
Warikunka	98,33	b
Illimani	96,67	b
Kullaca	95,33	b

El Cuadro 8 muestra la comparación de medias entre los cultivares para la variable días a la floración, donde existen dos grupos estadísticamente marcados, el grupo A conformado por los cultivares L-300, Akapuya y Umacutama. Y el grupo B que agrupa los cultivares Illimani, Kullaca y Warikunka.

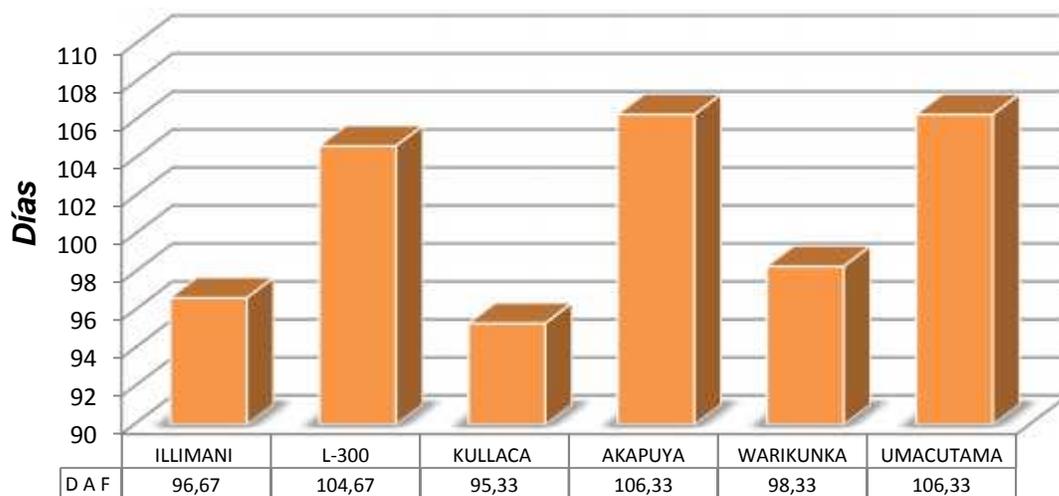


Figura 6. Comparación de medias de días a la floración de seis cultivares de Cañahua.

Los cultivares L-300, Akapuya y Umacutama presentaron un mayor número de días desde la siembra hasta la floración obteniendo 104,67; 106,33, y 106,33 días en promedio respectivamente. Estadísticamente es diferente de las variedades Illimani, Kullaca y Warikunka todas con hábito de crecimiento lasta quienes obtuvieron 96,67; 95,33 y 98,33 días respectivamente.

Estas diferencias podrían deberse a las características propias de los cultivares mostrando un comportamiento más precoz desde la emergencia los cultivares con hábito de crecimiento lasta, mientras que los cultivares con hábito saihua se mostraron más tardíos en su desarrollo.

5.2.2 Días a la Madurez fisiológica (DMF)

El Cuadro 9, muestra el análisis de varianza para la variable de respuesta días a la madurez fisiológica donde se obtuvieron resultados como un coeficiente de variación de CV= 1,81 % lo que indica la alta confiabilidad de los datos obtenidos,

el valor $Pr>F$ de 0,4638 para los bloques indican que no existen diferencias significativas entre ellos, en cambio para los cultivares este valor $Pr>F$ fue de 0,0011 lo que indica que existen diferencias altamente significativas entre los cultivares estudiados.

Cuadro 9. Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica en seis Cultivares de cañahua

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr> F
Bloques	2	11,111	5,556	0,83	0,4638 ns
Cultivares	5	340,944	68,189	10,19	0,0011 **
Error	10	66,889	6,689		

$$CV = 1,81 \% \quad = 0,05$$

ns No significativo ; ** Altamente Significativo

5.2.2.1 Comparación de medias para días a la madurez fisiológica. En el Cuadro 10 mediante la prueba de rango múltiple de Duncan se pudieron identificar cuatro grupos, el grupo A conformado por los cultivares L-300, Akapuya y Umacutama, el grupo B conformado por los cultivares Illimani y L-300, el grupo C formado por los cultivares Illimani y Kullaca, y por último el grupo D formado por el cultivar Warikunka y akapuya.

Cuadro 10. Comparación de medias para días a la madurez fisiológica entre cultivares, según la prueba de Duncan.

Cultivares	Días a la madurez fisiológica	Significancia
Umacutama	148	a
Akapuya	147	a
L -300	146	a b
Illimani	141,67	b c
Kullaca	138,33	c d
Warikunka	136,67	d

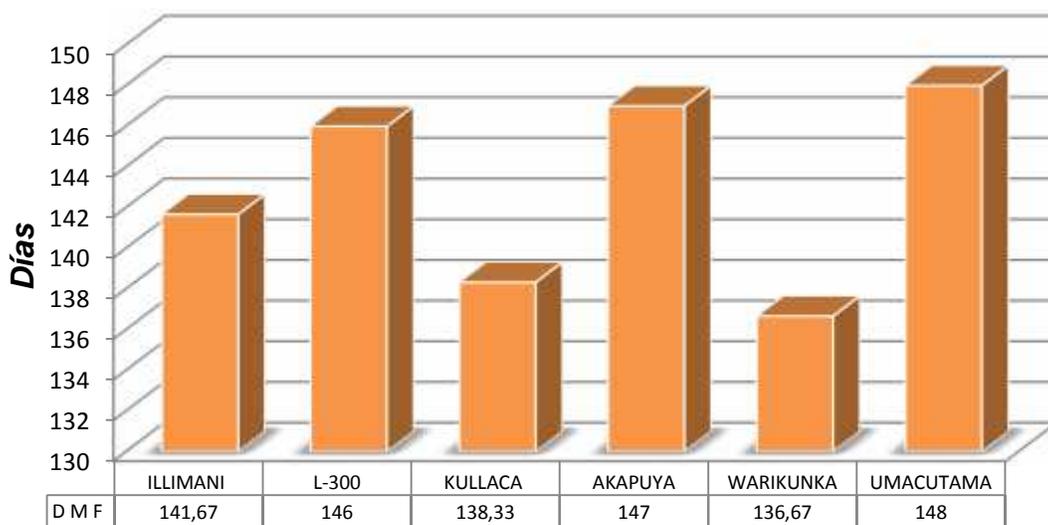


Figura 7. Comparación de medias de días a la madurez fisiológica de seis cultivares de Cañahua

Estadísticamente, no existen diferencias entre los cultivares Umacutama, Akapuya, L – 300 y Illimani pero estos cultivares si son superiores sobre los cultivares Kullaca y Warikunka.

Comparando los resultados del presente trabajo de investigación con el realizado por Ardaya (2012) podemos observar semejanza en los comportamientos de los cultivares lasta y saihua siendo estos últimos los cultivares que alcanzaron su madurez fisiológica en un mayor tiempo en comparación a los cultivares con habito de crecimiento lasta, por ejemplo Ardaya obtuvo una media para los cultivares Illimani y Kullaca de 138,67 y 130,56 días respectivamente, mientras que para el cultivar saihua obtuvo una media de 150 días desde la siembra hasta la madurez fisiológica.

Por tal motivo podemos suponer que las diferencias obtenidas entre los cultivares para esta variable se deben al comportamiento propio de los tales mostrando una mayor precocidad en su desarrollo los cultivares con habito de crecimiento lasta en comparación a los cultivares saihua.

5.2.3 Altura de planta (AP)

El Cuadro 11, describe el análisis de varianza para altura de planta de los diferentes cultivares de cañahua

Cuadro 11. Análisis de varianza para altura de planta en seis cultivares de Cañahua.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr> F
Bloques	2	0,898	0,449	0,013	0,3486 ns
Cultivares	5	440,601	88,120	2,572	0,0194 *
Error	10	342,604	34,260		

CV = 23%

= 0,05

ns No significativo

* Significativo

Los datos descritos en el presente cuadro muestran que no existieron diferencias significativas entre bloques, para la variable altura de planta en cultivares de cañahua.

Los cultivares de cañahua: Illimani, L-300, Kullaca, Akapuya, Warikunca, Umacutama presentaron diferencias significativas.

Los datos obtenidos reportan confiabilidad debido a que el coeficiente de variación calculado arrojó el 23% valor menor al 30% considerándose aceptable para ensayos de campo.

5.2.3.1 Comparación de medias para altura de planta. El Cuadro 12, presenta la comparación de medias para altura de planta por la prueba de Duncan al 5% donde se pueden distinguir cuatro grupos, el primer grupo A conformado por los cultivares L-300 y Akapuya ambos con habito de crecimiento saihua, el grupo B Illimani y Warikunca, los cultivares Illimani y Umacutama forman el grupo C, mientras que el grupo D lo conforman los cultivares Kullaca y Umacutama.

Cuadro 12. Comparación de medias para la altura de planta entre seis cultivares de Cañahua, según prueba de Duncan

Cultivares	Altura de planta (cm)	Significancia
Akapuya	32,33	<i>a</i>
L -300	32,11	<i>a</i>
Warikunka	25,61	<i>b</i>
Illimani	22,83	<i>b c</i>
Umacutama	21,11	<i>c d</i>
Kullaca	20,00	<i>d</i>

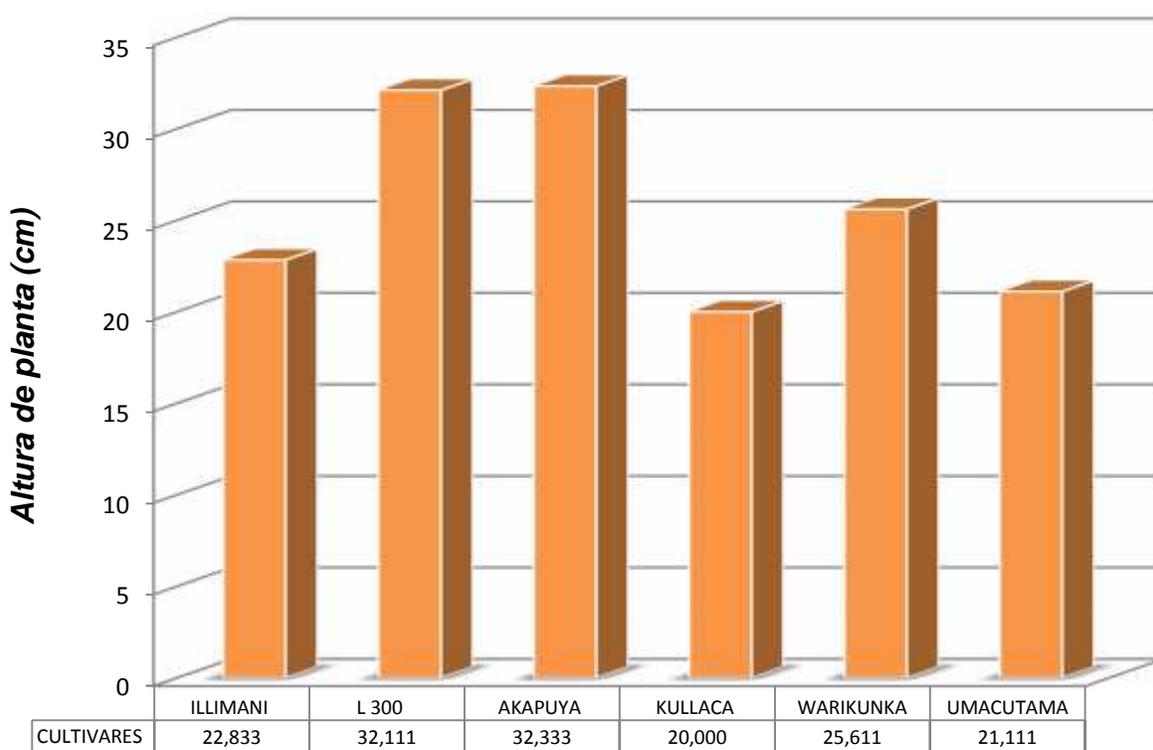


Figura 8. Comparación de medias para altura de planta en seis cultivares de Cañahua

Existieron diferencias estadísticas en los promedios de altura de planta; para Akapuya 32,33 cm y L300 32,11 cm, que fueron superiores sobre las alturas de planta de los cultivares de cañahua Warikunka, Illimani, Umacutama y Kullaca.

La diferencia significativa entre cultivares para esta variable de respuesta puede atribuirse al habito de crecimiento de los cultivares siendo que los saihua se caracterizan por el crecimiento de sus ramas erectas con poca ramificación mientras que los cultivares con habito de crecimiento lasta presentan una mayor ramificación y frondosidad alcanzando una cobertura vegetal mucho mayor a los cultivares saihua.

No existen diferencias estadísticas entre las alturas de planta de Warikunka 25,61 cm y Illimani 22,33 cm pero estas sí son superiores a las alturas de planta de Umacutama 21,11 cm y Kullaca 20,00 cm.

5.2.4 Rendimiento de grano (RG)

El Cuadro 13, presenta el resultado del análisis de varianza para rendimiento de grano en seis cultivares de cañahua.

Cuadro 13. Análisis de varianza para rendimiento de grano en seis cultivares de cañahua

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr> F
Bloques	2	122711.537	61355.768	2.00	0.1859 ns
Cultivares	5	302770.579	60554.116	1.97	0.1685 ns
Error	10	306774.120	30677.412		

$$CV = 30,58\% \quad = 0,05$$

ns No significativo

Por los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable rendimiento de grano, se puede aseverar que no existen diferencias estadísticas significativas entre bloques y cultivares debido a que los valores de $Pr>F = 0,1859$ para bloques y $Pr>F = 0,1685$ para cultivares son mayores al nivel de significancia de 0,05.

5.2.4.1 Comparación de medias para rendimiento de grano. La Figura 9, es una representación gráfica de los rendimientos de grano.

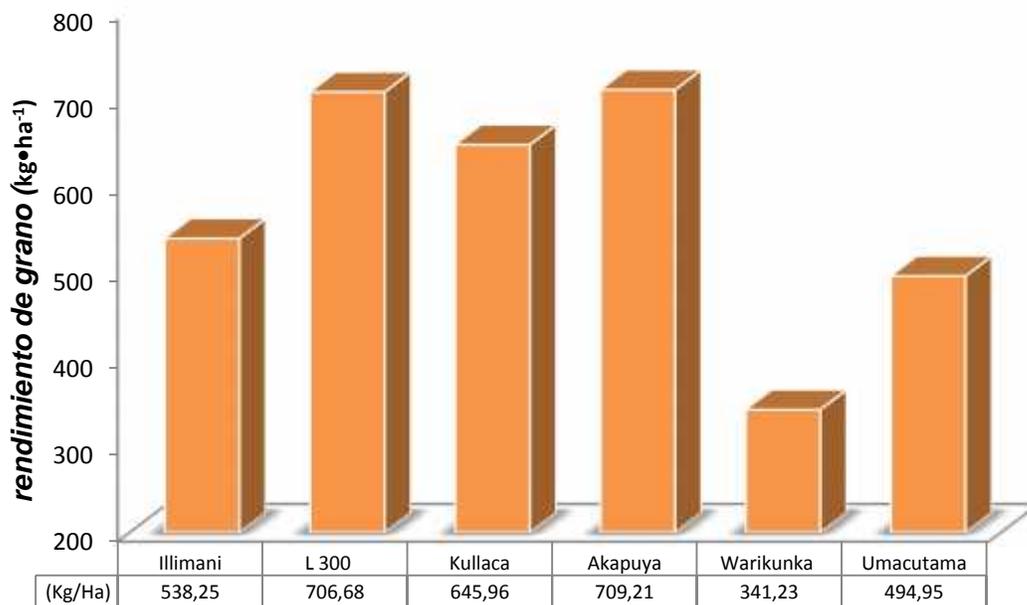


Figura 9. Comparación de medias para el rendimiento de grano de seis cultivares de Cañahua.

Como se puede apreciar en el análisis de varianza, no existen diferencias significativas entre los promedios de rendimiento de los cultivares, siendo el promedio más bajo para esta variable de respuesta el presentado por el cultivar Warikunka con unos $341,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Los rendimientos de Akapuya con $709,21 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y L – 300 con $706,68 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, estadísticamente no son superiores entre sí, pero son sobre los rendimientos de Kullaca con $645,96 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Illimani con $538,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Umacutama con $494,95 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Warikunka con $341,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

El cultivar Kullaca con $645,96 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ estadísticamente es superior en rendimiento a los cultivares Illimani con $538,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Umacutama con $494,95 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Warikunka con $341,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; por otra parte, el cultivar Illimani con $538,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ es superior sobre los cultivares Umacutama con $494,95 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Warikunka con $341,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

El rendimiento de Umacutama con $494,95 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ es superior estadísticamente solo sobre el cultivar Warikunka con $341,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

El valor obtenido de 30,58% para el coeficiente de variación demuestra que los datos empleados para el cálculo de este análisis de varianza estuvieron algo dispersos esto podría deberse a que las condiciones de campo durante la realización de la parte experimental se tornaron variantes debido a la alta humedad presente en un terreno aledaño al área experimental mismo que en época de lluvia se llegó a inundar aportando de excesiva humedad a la parte Este del área experimental.

5.2.5 Peso de 1000 granos (PMG)

En el Cuadro 14, se muestra el análisis de varianza para la variable de respuesta peso de 1000 granos de las variedades de cañahua, mostrando que no existen diferencias significativas entre bloques presentando un $Pr>F$ de 0,1201 y por el contrario se registran diferencias significativas entre los cultivares sujetos a estudio mostrando un $Pr>F$ de 0,0001.

Además al mostrar un coeficiente de variación $CV= 3,19\%$ nos indica que los datos obtenidos son muy confiables.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el peso de 1000 granos de seis cultivares de cañahua

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr> F
Bloques	2	0,0025	0,00127	2,64	0,1201 ns
Cultivares	5	0,187	0,0373	77,78	0,0001 **
Error	10	0,0048	0,00048		

$CV = 3,19\%$ $= 0,05$

ns No significativo ; ** Altamente significativo

5.2.5.1 Comparación de medias de peso de 1000 granos. A través de la Figura 10, podemos apreciar que los cultivares que mostraron mayor peso con respecto a esta variable de respuesta fueron Illimani y Kullaca con valores de 0,85 y 0,79 g respectivamente, por el contrario el cultivar con menor peso registrado para esta variable fue L-300 con 0,56 g.

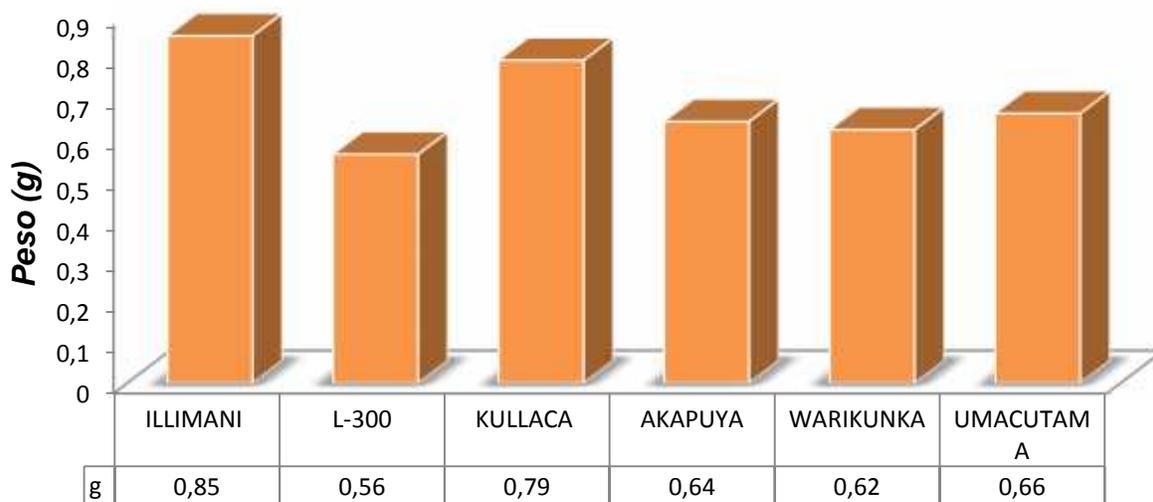


Figura 10. Comparación de medias para el peso de 1000 granos de seis cultivares de Cañahua

El valor obtenido por el cultivar Illimani con 0,85 g es estadísticamente superior sobre los valores de Kullaca 0,79 g, Umacutama 0,66 g, Akapuya 0,64 g, Warikunka 0,62 g y L-300 0,56 g.

La diferencia significativa entre los cultivares para el peso de mil granos nos lleva a suponer que el desarrollo del cultivo pudo haber influenciado en la calidad de grano respecto a su peso y también a su tamaño. Siendo que algunos de los cultivares presentaron valores menores a los registrados por Ardaya (2012) quien obtuvo 1,05 g para el cultivar L-300, 0,92 g para el cultivar Kullaca y 0,89 g para el cultivar Illimani.

5.2.6 Peso volumétrico de grano (PVG)

El Cuadro 15 contiene los resultados de varianza para peso volumétrico de grano, en seis cultivares de cañahua.

Cuadro 15. Análisis de varianza para el peso volumétrico en seis cultivares de cañahua

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	2	2,0447	1,0223	0,52	0,6084 ns
Cultivares	5	155,719	31,144	15,91	0,0002 **
Error	10	19,5711	1,957		

$$CV = 1.9\% \quad = 0,05$$

ns No significativo ; ** Altamente significativo

El análisis de varianza realizado para esta variable de respuesta indica que no existen diferencias significativas entre los bloques debido a que el valor de $Pr > F$ para esta fuente de variación es de 0,6084, en cambio las diferencias entre los cultivares se mostraron altamente significativas obteniendo un valor de $Pr > F$ 0,0002, además que el valor de 1,90 % perteneciente a el coeficiente de variación demuestra la alta confiabilidad de los resultados obtenidos.

5.2.6.1 Comparación de medias para peso volumétrico. Mediante la prueba de rango múltiple de Duncan se pueden identificar dos grupos dentro de los cultivares de cañahua, el grupo A conformado por los cultivares Illimani, Kullaca y Umacutama, y el grupo B formado por los cultivares L-300, Akapuya y Warikunka.

El promedio más alto lo obtuvo el cultivar Illimani con un rendimiento de 75,86 $kg \cdot hl^{-1}$ y el más bajo fue 659,38 $kg \cdot hl^{-1}$ reportado por Akapuya.

Cuadro 16. Comparación de medias para el peso volumétrico de seis cultivares de Cañahua, según la prueba de Duncan

Cultivares	Peso volumétrico (kg•hl⁻¹)	Significancia
Umacutama	77,47	a
Illimani	75,86	a
Kullaca	75,60	a
Warikunka	71,39	b
L -300	71,31	b
Akapuya	69,38	b

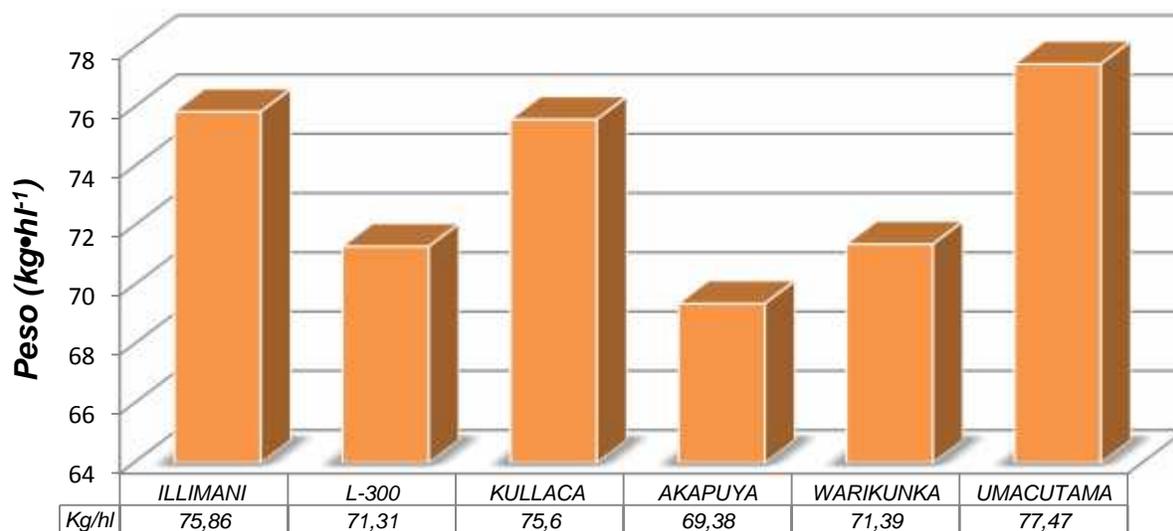


Figura 11. Comparación de medias para el peso volumétrico de seis cultivares de Cañahua

Nuevamente podemos observar mediante la prueba de rango múltiple de Duncan dos grupos identificados que separan los cultivares por su hábito de crecimiento, siendo Kullaca, Illimani y Umacutama los cultivares que reportaron un mayor llenado de grano con respecto a su densidad, mientras que Akapuya y L-300 ambos con hábito de crecimiento saihua mostraron un menor peso de grano en relación al volumen ocupado. Por lo que podemos estimar que esta variación se

debe en gran manera a las características propias de los cultivares, al parecer así como los cultivares con habito de crecimiento lasta mostraron ser más precoces también mostraron tener un mayor peso volumétrico en comparación a los cultivares con habito de crecimiento saihua.

5.2.7 Perdida de grano en condiciones naturales

En el Cuadro 17, se presenta el análisis de varianza para desgrane natural en seis cultivares de cañahua.

Cuadro 17. Análisis de varianza para desgrane natural en seis cultivares de cañahua

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	2	2.078	0.039	3.000	0,1267 ns
Cultivares	5	0.792	0.158	12.154	0,0004 *
Error	10	19.5711	1.957		

CV = 19.62% = 0,05

ns No significativo ; * Significativo

No existieron diferencias significativas entre bloques, la disposición de bloques no ha influido en la perdida de grano por desgrane natural en cultivares de cañahua.

Existieron diferencias significativas entre cultivares de cañahua con respecto al desgrane natural, la Figura 12 detalla los promedios del desgrane natural de los diferentes cultivares de cañahua que fueron objeto de estudio.

5.2.7.1 Comparación de medias para desgrane natural. La Figura 12, describe la comparación de medias para desgrane natural

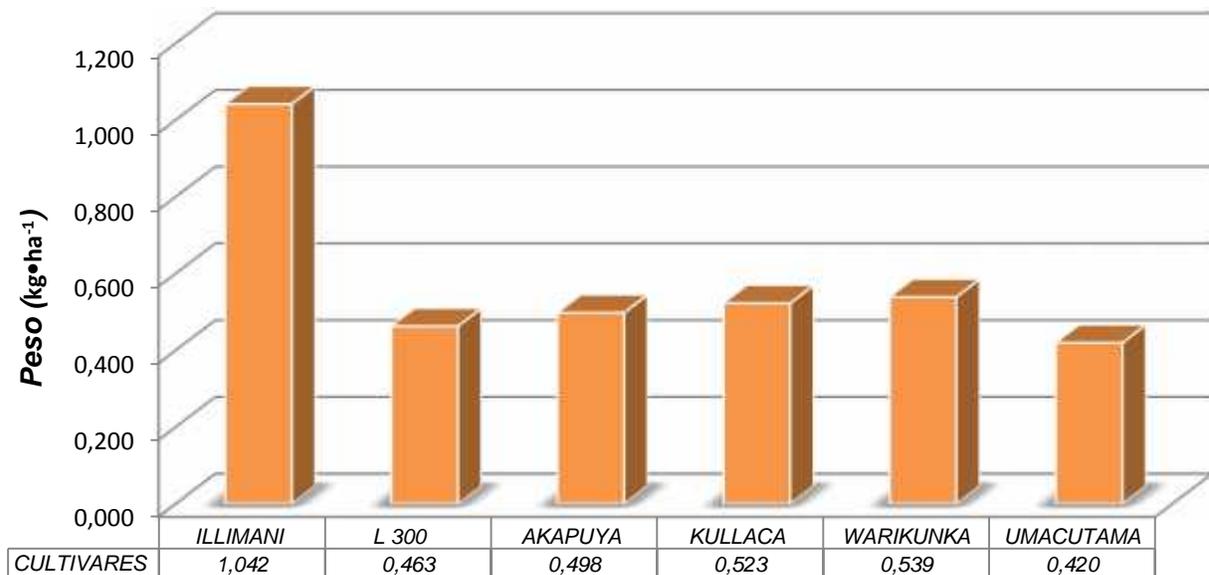


Figura 12. Comparación de medias para desgrane natural de seis cultivares de Cañahua.

Estadísticamente el promedio cultivo Illimani $1,042 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, es superior sobre los cultivos Warikunka $0,539 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Kullaca $0,523 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; el cultivo L – 300 $0,463 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Akapuya $0,495 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Umacutama $0,420 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Mediante esta comparación de medias podemos apreciar que los cultivares que más desprendimiento de grano mostraron antes de la cosecha fueron Illimani, Kullaca y warikunka, esta situación podría deberse a que siendo estos cultivares lasta en su habito de crecimiento tienen una mayor cobertura por unidad de superficie expuesta a las condiciones de campo tales como: lluvia, granizo, viento, ataque de pájaros.

Los promedios de los cultivares Warikunka $0,539 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Kullaca $0,523 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Akapuya $0,495 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ estadísticamente no son superiores entre sí, pero si son superiores sobre los cultivares L 300 $0,463 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Umacutama $0,420 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Umacutama a pesar de tener un habito de crecimiento lasta mostro una dehiscencia natural mucho menor a la de sus pares Illimani, Kullaca y Warikunka, podemos suponer que esta diferencia se debe a que Umacutama mostro desde su emergencia un comportamiento más tardío en cuanto a su desarrollo. También

podemos sospechar que la diferencia para esta variable de respuesta se debe a que este cultivar podría presentar una mayor resistencia a las condiciones de campo ya mencionadas que el resto de los cultivares con habito de crecimiento lasta.

5.2.8 Pérdida de grano por acción del método de cosecha

La pérdida de grano causados por métodos de cosecha (arrancado, tijeras y hoz) son analizados estadísticamente por análisis de varianza y detallados en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Análisis de varianza para método de cosecha en seis cultivares de cañahua

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Bloques	2	2,11614	1,05807	1,311541	0,0814 ns
M. cosecha	2	7,62689	3,813445	4,726993	0,0003 *
Cultivares	5	58,83821	11,767642	14,586696	0,0088 *
interacción	10	13,6382	1,36382	1,690536	0,0623 ns
ERROR	34	27,4291	0,806738		
TOTAL	53	109,648			

CV = 32.88 % = 0,05

ns No significativo ; * Significativo

Los bloques no influyeron en el método de cosecha ya que las diferencias entre estos no son significativas.

Tanto para los cultivares como para el método de cosecha las diferencias fueron significativas, la Figura 13, detalla las medias para métodos de cosecha en los cultivares.

La interacción entre cultivares y métodos de cosecha no presento diferencias significativas, no corresponde realizar el análisis de varianza de efecto simple.

5.2.8.1 Comparación de medias para métodos de cosecha en cultivares. El Cuadro 19 nos muestra mediante la prueba de rango múltiple de Duncan al cultivar *Kullaca* identificado como grupo A con $12,688 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de pérdida de grano como resultado de los métodos de cosecha utilizados, esto asociado con seguridad a que este cultivar alcanza la madurez fisiológica con mayor prontitud que los demás cultivares de cañahua, el grupo B lo conforma el cultivar *Illimani* con $6,852 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de pérdida, el grupo C por los cultivares *L-300*, *Akapuya* y *Umacutama* con valores de $5,137 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; $4,100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $5,570 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente, siendo el cultivar con menor pérdida de grano *Warikunka* con solo $2,732 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

A pesar que *Warikunka* demostró ser más precoz en cuanto a su desarrollo con respecto a los demás cultivares fue el cultivar que menor grado de dehiscencia mostro durante la cosecha, lo que nos muestra que este cultivar presenta una buena resistencia a la acción mecánica de las diferentes técnicas de cosecha (hoz, corte con tijeras y arrancado manual). Otra razón para esta diferencia sería con seguridad el hecho que este cultivar al momento de la cosecha presentaba el tallo aun suave mientras que los demás mostraron el tallo ya casi seco al momento de la cosecha lo que suponía una mayor resistencia al método de cosecha empleado.

Cuadro 19. Comparación de medias para métodos de cosecha en cultivares, según la prueba de Duncan.

Cultivares	Métodos de cosecha en cultivares ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Significancia
<i>Kullaca</i>	12,688	a
<i>Illimani</i>	6,852	b
<i>Umacutama</i>	5,570	b c
<i>L -300</i>	5,137	b c
<i>Akapuya</i>	4,100	c d
<i>Warikunka</i>	2,732	d

La Figura 13, presenta la comparación de medias para métodos de cosecha efectuados en seis cultivares de cañahua.

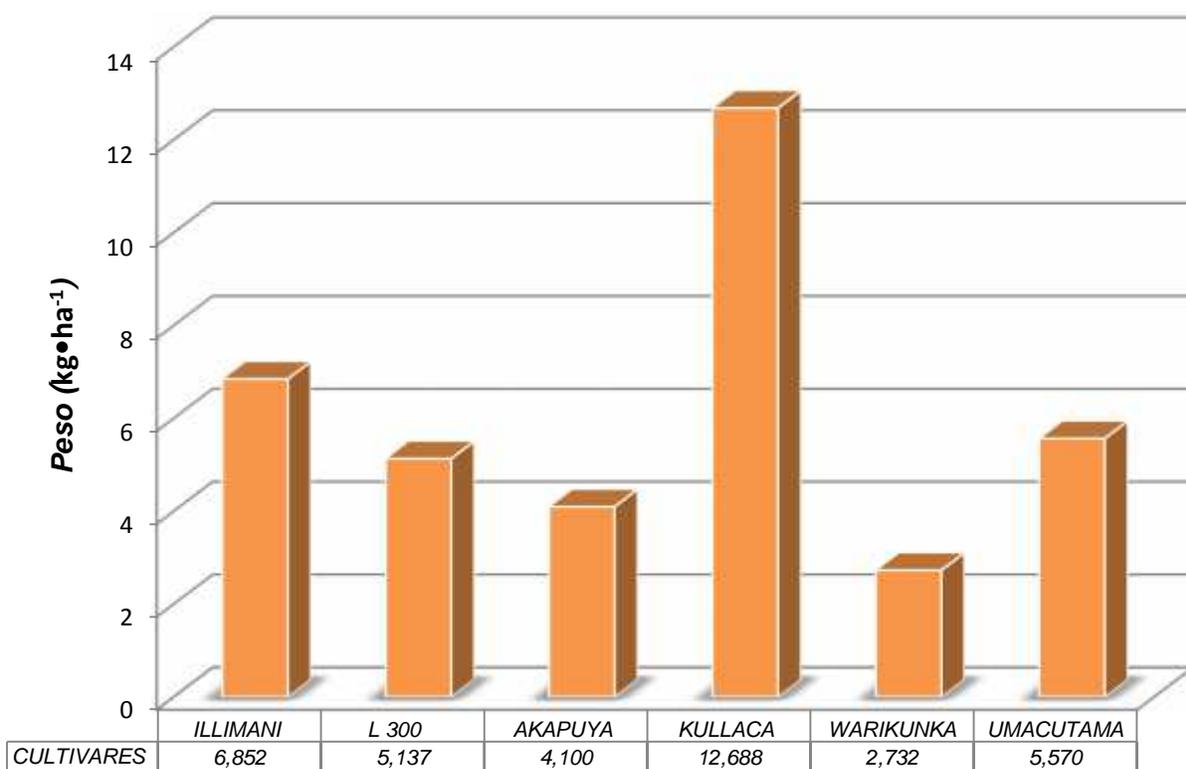


Figura 13. Comparación de medias para métodos de cosecha de seis cultivares de cañahua

Estadísticamente los $12.686 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ obtenidos por el cultivar Kullaca es superior al peso de los cultivares Illimani $6.852 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Umacutama $5.570 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, L – 300 $5.137 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Akapuya $4.100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Warikunka $2.732 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

El peso del cultivar Illimani $6.852 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, estadísticamente es superior al peso de los cultivares Umacutama $5.570 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, L – 300 $5.137 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Akapuya $4.100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Warikunka $2.732 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

No existen diferencias estadísticamente entre los pesos de los cultivares Umacutama $5.570 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y L – 300 $5.137 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; estos a su vez, son superiores a los cultivos Akapuya $4.100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Warikunka $2.732 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

5.2.8.2 Comparación de medias para métodos de cosecha. Estadísticamente el método de cosecha de Arrancado con $477.402 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ es superior a los métodos de cosecha con Hoz $297.608 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Tijeras $161.819 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Los $297.608 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ del método de cosecha con Hoz, estadísticamente es superior a los $161.819 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ del método de cosecha con tijeras y es así como lo refleja el Cuadro 20 a través de la prueba de rango múltiple de Duncan.

Mediante la comparación de medias podemos suponer que el método menos recomendable es el arrancado manual debido a que en el momento de la cosecha el suelo en el que se desarrolló el cultivo se encuentra seco debido al poco aporte de lluvias, lo que lleva a ejercer más fuerza y más daño a la planta a ser arrancada lo que se traduce en un mayor grado de dehiscencia, además de que las raíces de la planta salieron con piedrecillas e impurezas que dificultaron la limpieza del grano, finalmente desde el punto de vista agronómico el arrancar la planta equivale a quitar del suelo el aporte de materia orgánica necesaria para el desarrollo de cultivos futuros además que derramar grano en el suelo dificulta el manejo de los tales.

Cuadro 20. Comparación de medias para métodos de cosecha, según la prueba de Duncan.

Métodos de cosecha	Perdida de grano por el método de cosecha ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Significancia
Arrancado	477,402	a
Hoz	297.608	b
Tijeras	161.819	c

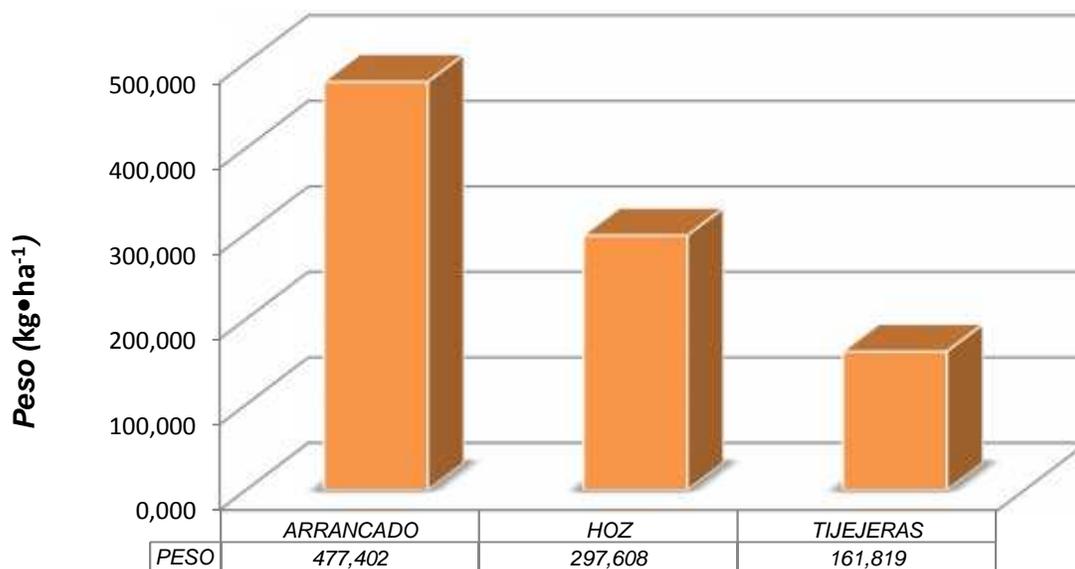


Figura 14. Comparación de medias para métodos de cosecha de seis cultivares de cañahua

5.2.9 Índice de cosecha

El Cuadro 21, detalla el análisis de varianza para el índice de cosecha para seis cultivares de cañahua

Cuadro 21. Análisis de varianza para índice de cosecha de seis cultivares de Cañahua

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr> F
Bloques	2	0.005	0.0025	0.675	0.0741 ns
Cultivares	5	0.017	0.0034	0.919	0.0544 ns
Error	10	0.037	0.0037		

$$CV = 12,91\% \quad = 0,05$$

ns No significativo

Por los resultados obtenidos en el análisis de varianza se puede aseverar que no existieron diferencias significativas entre bloques, la disposición de bloques no ha influido en el índice de cosecha de los cultivares de cañahua.

No existen diferencias significativas entre cultivares de cañahua con respecto al índice de cosecha debido a que el valor de $Pr>F = 0,0544$ para los cultivares es mayor al nivel de significancia de 0,05.

5.2.9.1 Comparación de medias para índice de cosecha en cultivares.

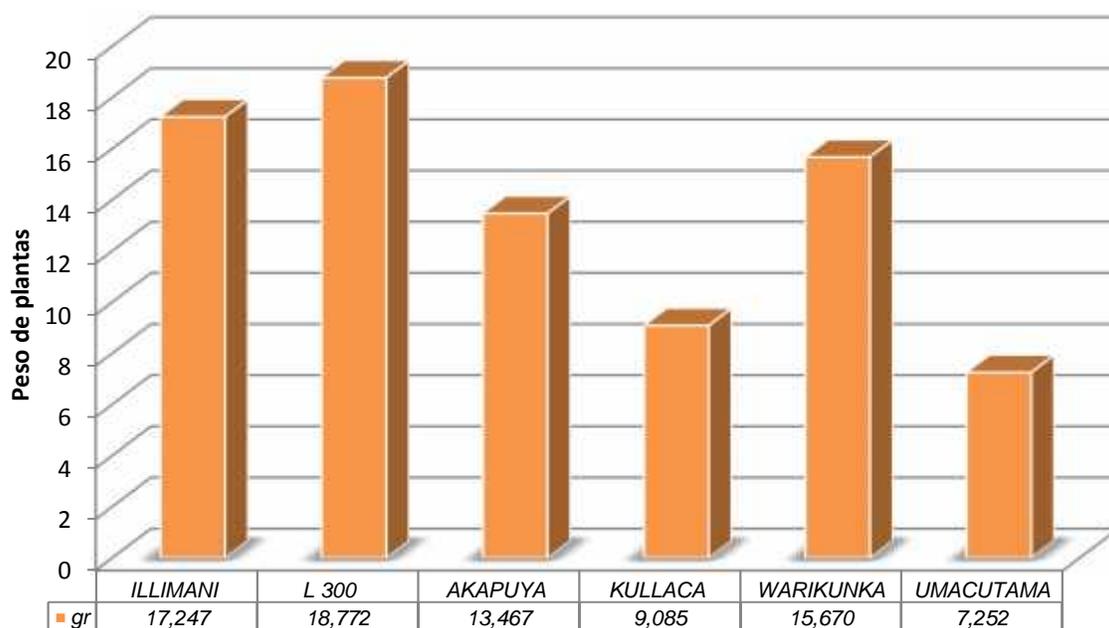


Figura 15. Comparación de medias para índice de cosecha de seis cultivares de cañahua

Estadísticamente los 18,772 g de peso del cultivar L - 300 es superior sobre los pesos de los cultivares Illimani 17,247 g, Warikunka 15,670g, Akapuya 13,467g, Kullaca 9,085 g y Umacutama 7,252 g.

El cultivar Illimani con 17,247 g, estadísticamente es superior sobre los cultivares Warikunka 15,670 g, Akapuya 13,467 g, Kullaca 9,085 g y Umacutama 7,252 g.

El cultivar de cañahua Warikunka con 15,670 g es superior sobre Akapuya 13,467 g, Kullaca 9,085 g y Umacutama 7,252 g.

Akapuya con 13,467 g, es superior sobre los cultivares Kullaca 9,085 g y Umacutama 7,252 g ; Kullaca con 9,085 g solo es superior sobre Umacutama con 7,252 g.

5.2.9.2 Cálculo del índice de cosecha. El Cuadro 22, contiene los índices de cosecha de los seis cultivares de cañahua obtenidos mediante la relación entre el peso de los granos libres de impurezas y el peso total de la planta.

Cuadro 22. Índice de cosecha de seis cultivares de cañahua.

CULTIVARES	PESO PLANTA (g)	PESO DE GRANO (g)	IINDICE DE COSECHA
<i>Illimani</i>	7,610	3,885	0,510
<i>L – 300</i>	8,630	3,885	0,450
<i>Akapuya</i>	6,187	2,792	0,451
<i>Kullaca</i>	4,037	2,020	0,500
<i>Warikunka</i>	7,267	3,180	0,437
<i>Umacutama</i>	3,252	1,587	0,488

Los cultivar *Illimani* y *Kullaca* obtuvieron los índices de cosecha más altos 0,510 y 0,500, respectivamente.

Así mismo, los índices de cosecha de *Umacutama*, *Akapuya*, *L – 300* y *Warikunka* fueron 0,488, 0,451, 0,450 y 0,437.

Por su parte *Marín (2002)*, reporto índices de cosecha para ecotipos de *Saihua Roja* de 0,290 y para el ecotipo *Lasta amarilla* de 0,270. Por otro lado, *Vidaurre (2002)*, indica que el índice de cosecha está definido por los rendimientos de grano y broza, que son influenciados por las fases fenológicas del cultivo.

6. CONCLUSIONES

Una vez obtenido los resultados para las variables planteadas para el trabajo de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Para el desgrane natural que sufrió el cultivo de cañahua, se obtuvieron que Illimani tuvo un desgrane natural de $1,042 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, esto debido a la precocidad de este cultivar pues alcanzo la madurez fisiológica en 141 das presentando así mayor susceptibilidad al desgrane precosecha a causa de las condiciones de campo tales como granizo, lluvia, viento. Mientras que para Umacutama se tuvo una pérdida natural de $0,420 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ esto debido a su comportamiento tardío con respecto a los demás cultivares.
- La pérdida de granos de cañahua por el método de cosecha reportaron que con el método Arrancado, la pérdida fue de $477,402 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ llegando a ser la mayor pérdida de granos por este método; el método de cosecha con Hoz reporto una pérdida de $297,608 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y el método con Tijeras se perdió $161,819 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, siendo este método el que reporto menores pérdidas. Por lo que podemos concluir que el método menos recomendable es el arrancado manual debido a que reporta más pérdidas en cuanto a la dehiscencia provocada a causa del daño que recibe la planta al momento de la cosecha, toma mucho más tiempo en su ejecución puesto que el suelo carece de buena humedad durante la época del año en que tradicionalmente se realiza la cosecha, y dificulta el manejo de futuros cultivos a realizarse en el terreno empleado.
- Los rendimientos de grano para cultivares de cañahua fueron para Akapuya $709,21 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para L – 300 fueron $706,68 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para Kullaca fueron $645,96 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para Illimani fueron $538,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para Umacutama fueron $494,95 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y para Warikunka fueron $341,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Al observar estos resultados inferimos que los cultivares que mostraron

mejor adaptabilidad al lugar en que se desarrolló el presente trabajo de investigación fueron los cultivares Akapuya y L-300 ambos con habito de crecimiento saihua pues reportaron un rendimiento mucho mayor al de los demás cultivares, además que la dehiscencia que se mostró en ellos fue menor antes y durante la cosecha.

- *El peso para 1000 granos de cañahua reportado por el cultivar Illimani fue 0,85 g; el peso de mil granos de Kullaca fue de 0,79 g; el peso de mil granos de Umacutama fue de 0,66 g; para mil granos de Akapuya el peso fue de 0,64 g; para Warikunka el peso de mil granos fue de 0,62 g y L – 300 reporto un peso para mil granos de 0,56 g esta diferencia entre los cultivares para el peso de mil granos nos lleva a suponer que el desarrollo del cultivo y su interaccion con el medio ambiente además de las condiciones de humedad constantes pudieron haber influenciado en la calidad de grano respecto a su peso y también a su tamaño. Siendo que algunos de los cultivares presentaron valores menores a los registrados por otros trabajos de investigación realizados también en el Altiplano Norte*
- *El índice de Cosecha que está definida como la relación entre el peso de los granos libres de impurezas y el peso total de la planta (raíz + tallo + hoja + granos) reportaron índices de cosecha más altos para el cultivar Illimani y Kullaca 0,510 y 0,500 respectivamente. Así mismo, los índices de cosecha de Umacutama, Akapuya, L – 300 y Warikunka fueron 0,488, 0,451, 0,450 y 0,437.*

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones expuestas en el trabajo de Investigación, se recomienda:

- *Incrementar las aéreas de producción de cañahua ya que esta especie responde favorablemente a condiciones de clima y suelo que posee Bolivia.*
- *Realizar cosecha en cultivos de cañahua empleando el método de las tijeras, ya que este método reporta menor pérdida de granos.*
- *Incentivar la producción de cultivares de Illimani, Kullaca, Umacutama, Akapuya, L – 300 y Warikunka ya que estos cultivares reportan mayores rendimientos y índices de cosecha superiores a los índices de cosecha reportados en otras investigaciones.*
- *Efectuar investigaciones con déficit de riego para determinar el comportamiento de dicho cultivo en cuanto a rendimiento, esto debido a que la cañahua es tolerante a periodos secos.*
- *Realizar estudios con asociación a otras especies de porte mayor para determinar si esto afecta o no a la pérdida de granos.*
- *Efectuar estudios complementarios a nivel de costos producción y procesado grano de cañahua, realizado por maquinarias de las procesadoras.*

8. BIBLIOGRAFIA

ARONI, C. 1995. *Memorias del seminario sobre investigación, producción y comercialización de la quinua: cosecha y manejo post cosecha en el cultivo de quinua*. La Paz, Bolivia. 80 p.

BONIFACIO, A. (2006). *Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos alto andinos, en el marco del SINARGEAA*. PROINPA. La Paz – Bolivia. 285 p

BERLIJN, J. 1996. *Cosechadoras de grano*. Ed. Trillas. México. 78 p.

CALLE, E. 1980. *Morfología y variabilidad de la Cañahua (Chenopodium pallidicaule, Aellen), cultivado en el Altiplano Boliviano*. Tesis de grado U.M.S. S. Cochabamba – Bolivia. 215 p.

_____ 1995. *Cultivos Andinos, Cultivo de la cañahua*. Centro de estudios para la agronomía. Oruro – Bolivia. 30 p.

CALZADA, J. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación*. Editorial Jurídica. Tercera Edición Lima – Perú. 643 p.

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

CORRIDONI, L., 1989. *Nociones Prácticas de Agronomía*. Agro guías. Mundi – Prensa. Madrid – España. 167 p.

COSSIO, J. 1995. *Memorias del seminario sobre investigación, producción y comercialización de la quinua: cosecha*. La Paz, Bolivia. 80 p.

CUNA. Asociación. (2009). *Propuesta de Proyecto: Recuperación de semilla de tarwi (Lupinus mutabilis S.) en cuatro comunidades del municipio de Carabuco circundantes al Lago Titicaca*. Asociación CUNA. La Paz - Bolivia 48 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT).1990. *Aumento del rendimiento mediante el uso de fertilizantes y otros insumos*. Italia, Roma. FAO. 80p.

FAO, 1992. *Cultivos marginados. Otra perspectiva de 1492 (Colección FAO: Producción y protección vegetal N° 26)* Roma, Italia. pp 129-133.

_____, 1993. *Manual de manejo pos cosecha de granos a nivel rural.* Santiago, Chile. 392 p.

FAO, (2010), *Cultivos andinos*, disponible en: <http://www.fao/cultivosandino-fao/introducción.htm>

FLORES, R. 2007. *Investigaciones sobre especies olvidadas y subutilizadas Granos Andinos (Quinoa, cañahua/cañihua y amaranto/kiwicha).* Eds.: Bravo R., Andrade K., Valdivia R., Soto JL. *Resúmenes de trabajos de grado y tesis de maestrías realizadas en Bolivia y Perú dentro del marco del proyecto IFAD-NUS I y II.* 194 p.

LA FUENTE, R. 1980. *Ensayo comparativo de 5 ecotipos y 5 líneas de cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen) en el Altiplano central,* Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón, Cbba, Bolivia. 35 p.

LESCANO, J. L. 1994. *Genética y Mejoramiento de cultivos Altoandinos. Programa Interinstitucional de Waru Waru – Convenio INADE/DELT – COTESU. 1ª Edición.* Puno – Perú. 43 p.

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

MAMANI, F. 2004. *Manual de Cultivo de Qañäwa (Aymara) o Kañiwa (Quechua). PROGRAMA (Programa Granos Andinos).* Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. Sin publicar. p. 1 – 5.

MANZILLA, G., 2007. *Tesis de Grado.* Editorial Garza Azul. 2da Edición. La Paz – Bolivia. 142 p.

MARIN P, W. 2002. *Distanciamiento entre surcos y plantas en dos ecotipos de kañawa (Chenopodium pallidicaule Aellen) en el Altiplano Norte.* Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 111 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 Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 110 p.

OCHOA, R., 2009. *Diseños Experimentales*. La Paz – Bolivia. 15 p.

PINTO, M. ROJAS, W. y SOTO, J. 2008. *Ficha Técnica Variedad Kullaca*. PROINPA. La Paz, Bolivia, 4 p.

_____, 2008. *Ficha Técnica Variedad Illimani*, PROINPA. La Paz, Bolivia, 4 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.

QUISPE, R. 2003. *Efecto de la fertilización con abonos líquidos orgánicos fermentados en cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. Tesis de grado Ing. Agr. La Paz – Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. 90 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 Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 70 p.

RIVERA, R. 1995. *Cultivos andinos en el Perú, investigaciones y perspectivas de su desarrollo: cañihua*. Ed. Minerva. Lima, Perú. 417 p.

SOTO, J. L., y CARRASCO, E. 2008. *Estudio del valor real y potencial de la biodiversidad de los granos andinos (quinua, cañahua y amaranto) en Bolivia*. NUS – IFAD II. Bioversity International. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 54 p. Disponible en: <ftp://ciat.cgiar.org/>

TAPIA, M. 1990. *Kañiwa (Chenopodium pallidicaule Aellen) en cultivos Andinos sub explotados y su aporte a la alimentación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Santiago, Chile. 94 p.

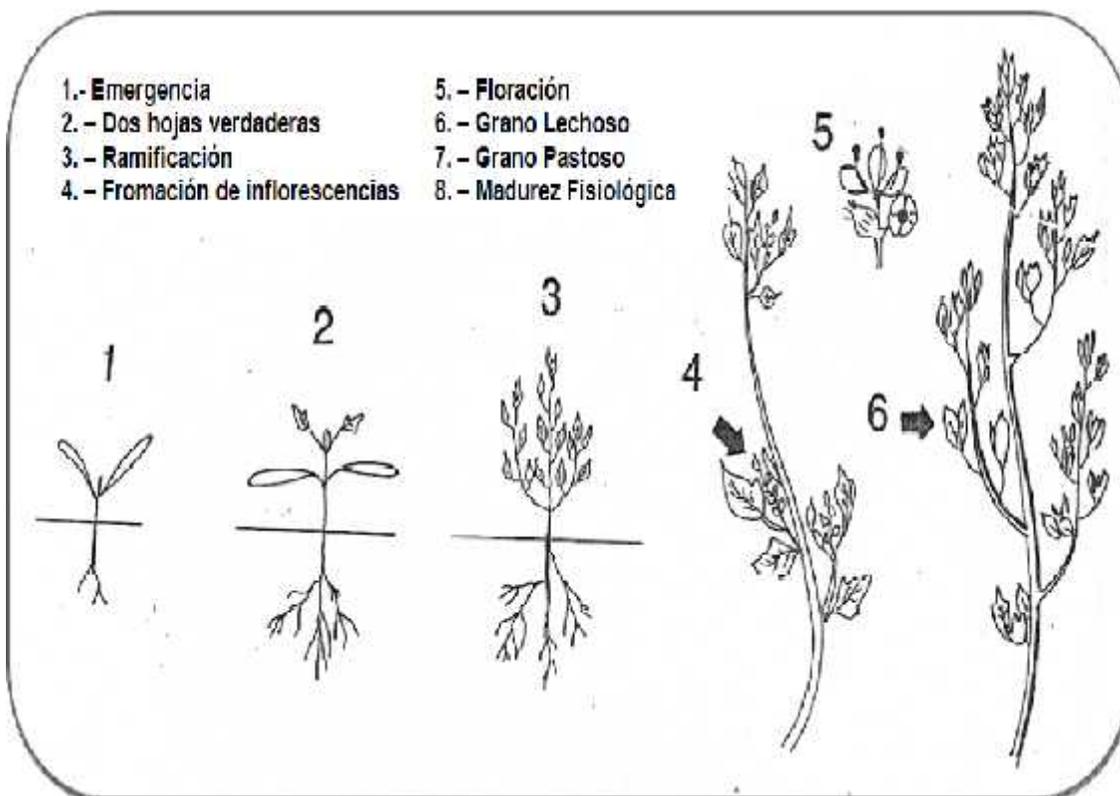
_____. 1997. *Cultivos andinos sub explotados y su aporte en la alimentación*. FAO. 2^{da} ed. Santiago, Chile. 273 p.

ANEXOS

Cuadro 1. Relación del valor nutritivo de cañahua, quinua y amaranto.

ELEMENTOS	CAÑAHUA	QUINUA	AMARANTO
Humedad (%)	10,90	8,87	9,87
Materia seca (%)	90,20	87,40	91,00
Proteína (%)	15,23	14,22	14 - 18
Grasa (%)	8,40	5,10	
Carbohidratos (%)	58,58	67,53	
Cenizas (%)	3,40	3,40	
Fibra (%)	3,80	4,10	
P2O5 (mg)	0,37	0,40	
Ca O (mg)	0,65	0,16	

Fuente: Mamani (2004)



Fuente: Lescano (1994)

Figura 1. Fases fenológicas de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* A.).

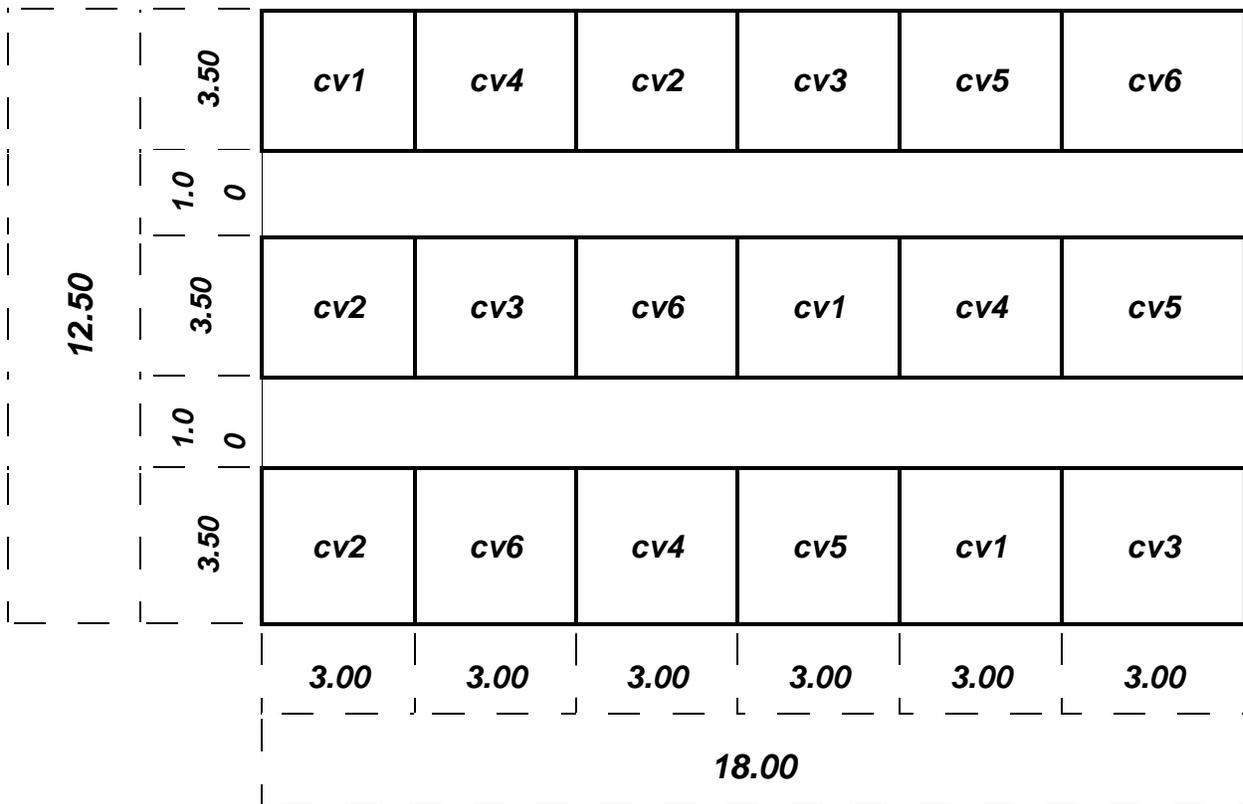


Figura 2. Croquis de distribución de los seis cultivares de cañahua dentro del diseño experimental.

Cuadro 2. Temperatura máxima, media y mínima, registrada en la región de Carabuco durante el desarrollo del cultivo.

mes	Temperatura (°C)		
	Máxima extrema	media	Minima extrema
Octubre	15,5	11,1	4,0
noviembre	16,0	11,2	4,0
Diciembre	14,9	10,7	6,1
Enero	14,5	10,4	4,3
Febrero	14,9	10,5	5,9
Marzo	14,9	11,0	5,3
Abril	15,0	11,0	3,5
Mayo	15,5	10,8	4,5
promedio	15,15	10,84	4.70

Cuadro 3. Registro mensual de precipitación pluvial (mm) durante el desarrollo del cultivo de la cañahua.

Mes	Precipitación (mm)
diciembre 2012	180,3
Enero 2013	142,3
Febrero 2013	108,9
Marzo 2013	3,3
Abril 2013	8,0
Mayo 2013	20,9

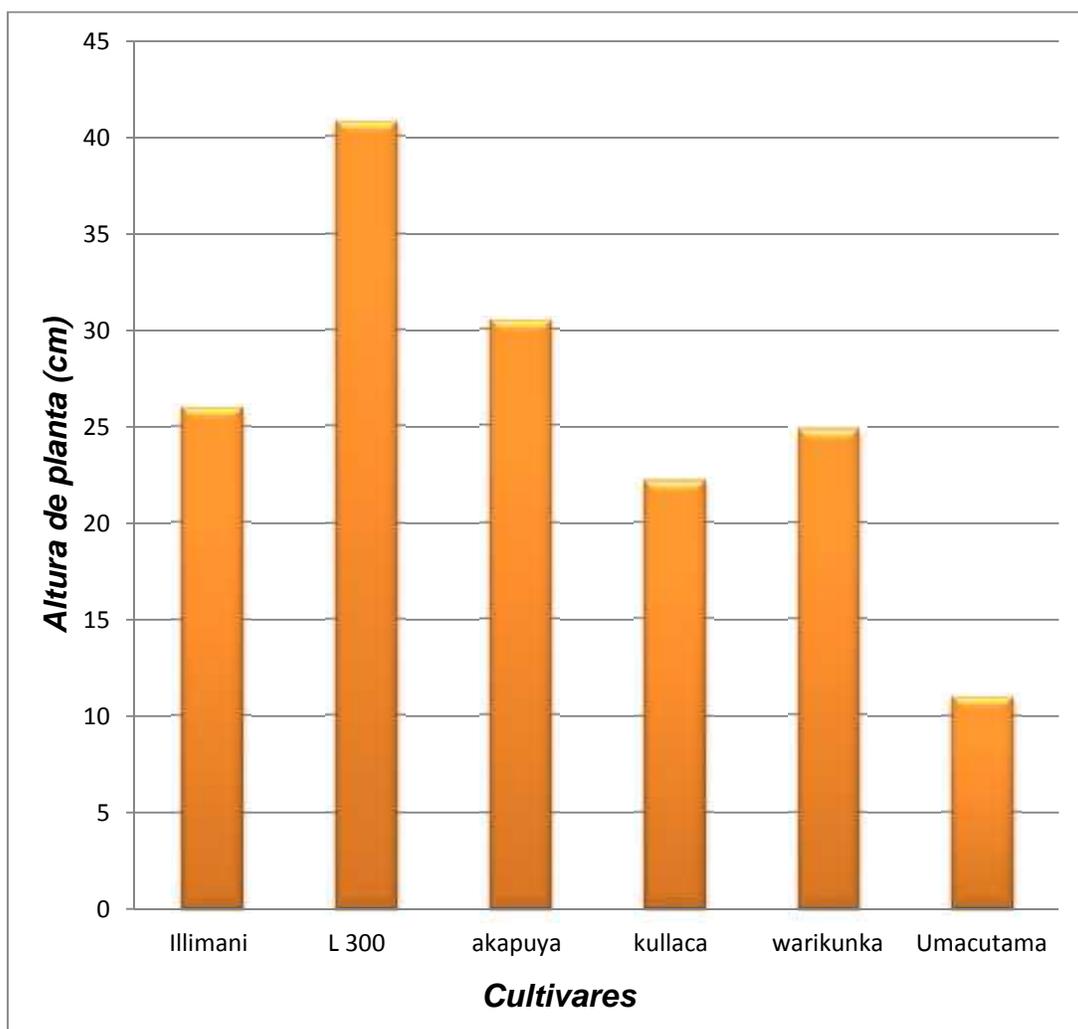


Figura 3. Altura final de los seis cultivares en el primer bloque.

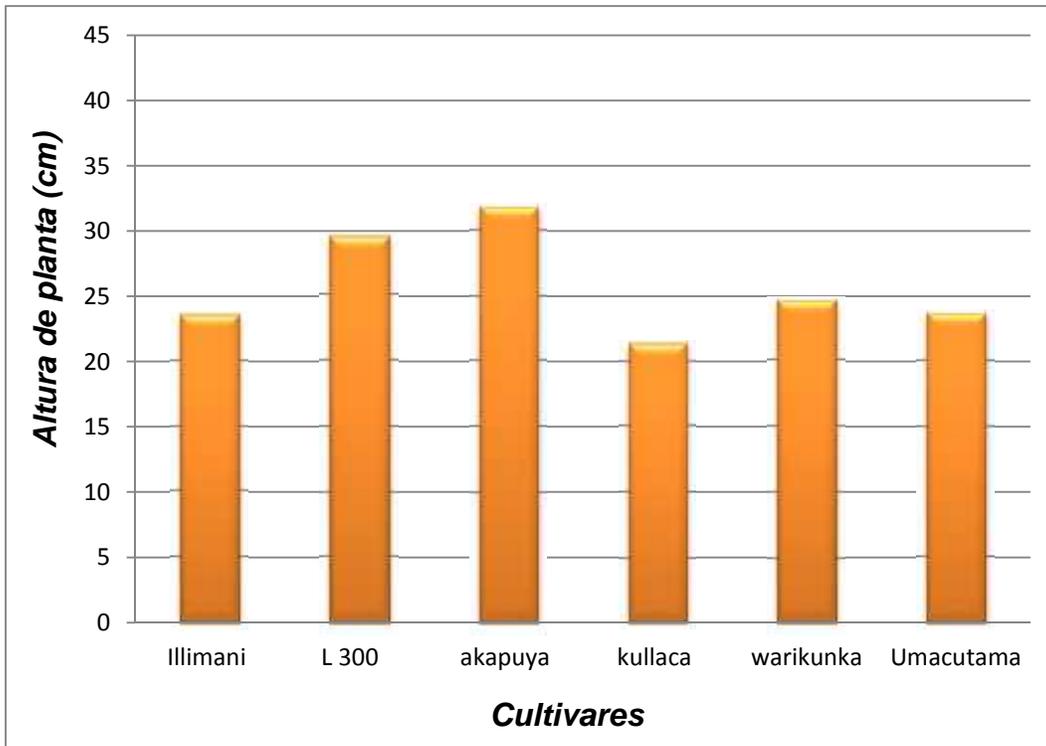


Figura 4. Altura final de los seis cultivares de cañahua en el segundo bloque.

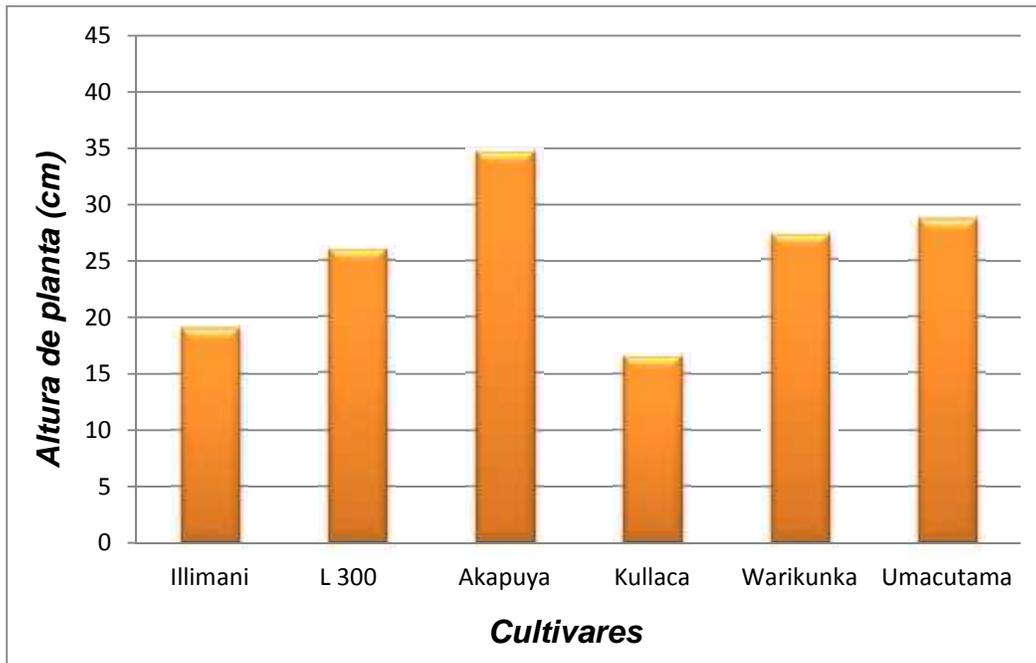


Figura 5. Altura final de los seis cultivares de cañahua en el tercer bloque.

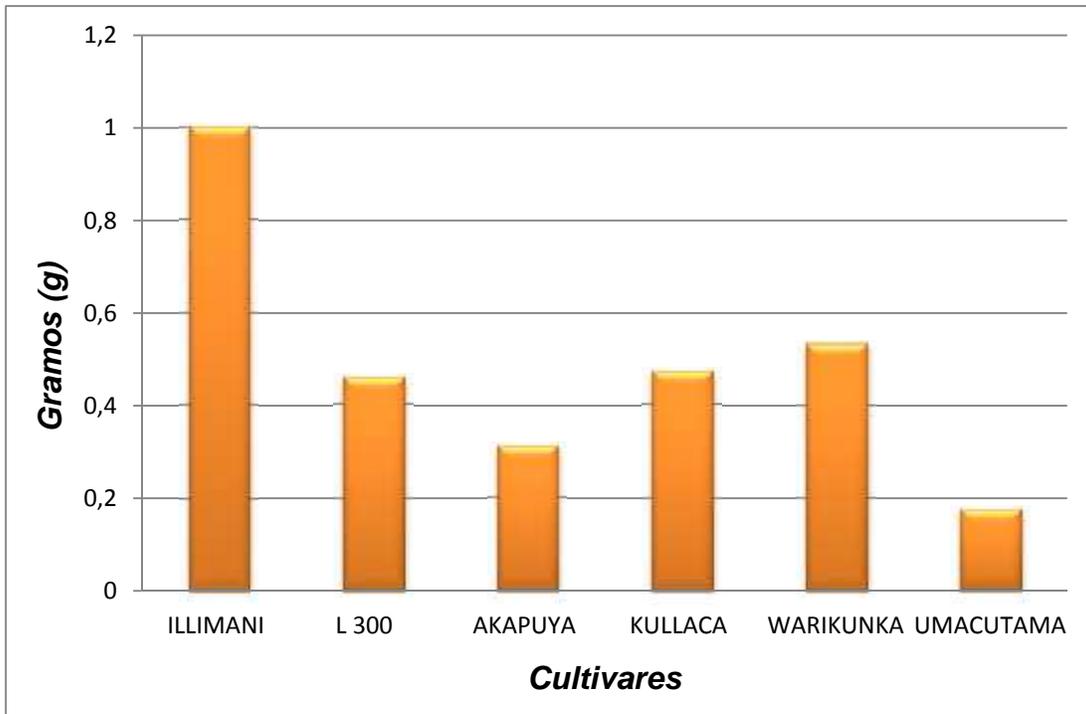


Figura 6. Desgrane natural de los cultivares de cañahua para el primer bloque.

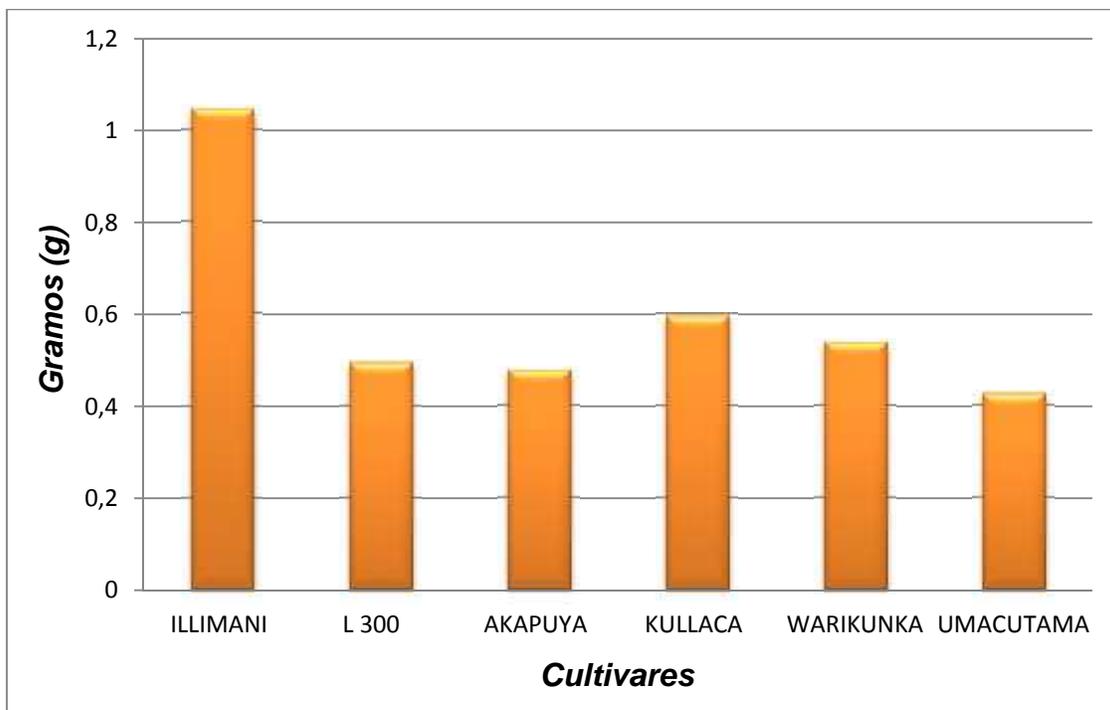


Figura 7. Desgrane natural de los cultivares de cañahua para el segundo bloque.

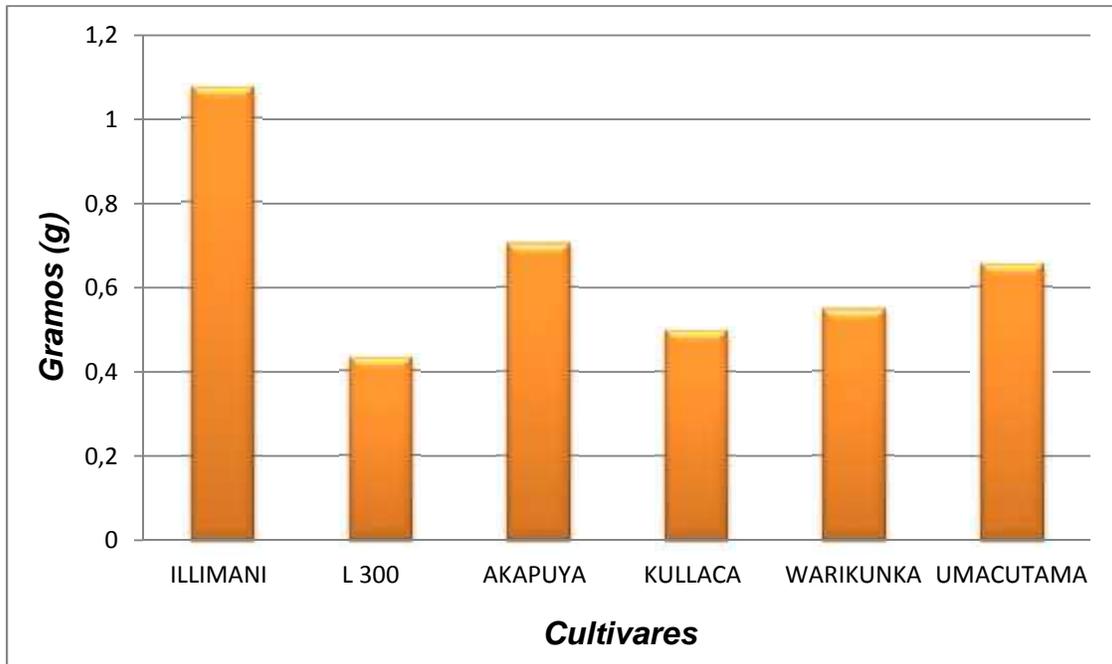


Figura 8. Desgrane natural de los cultivares de cañahua para el tercer bloque.

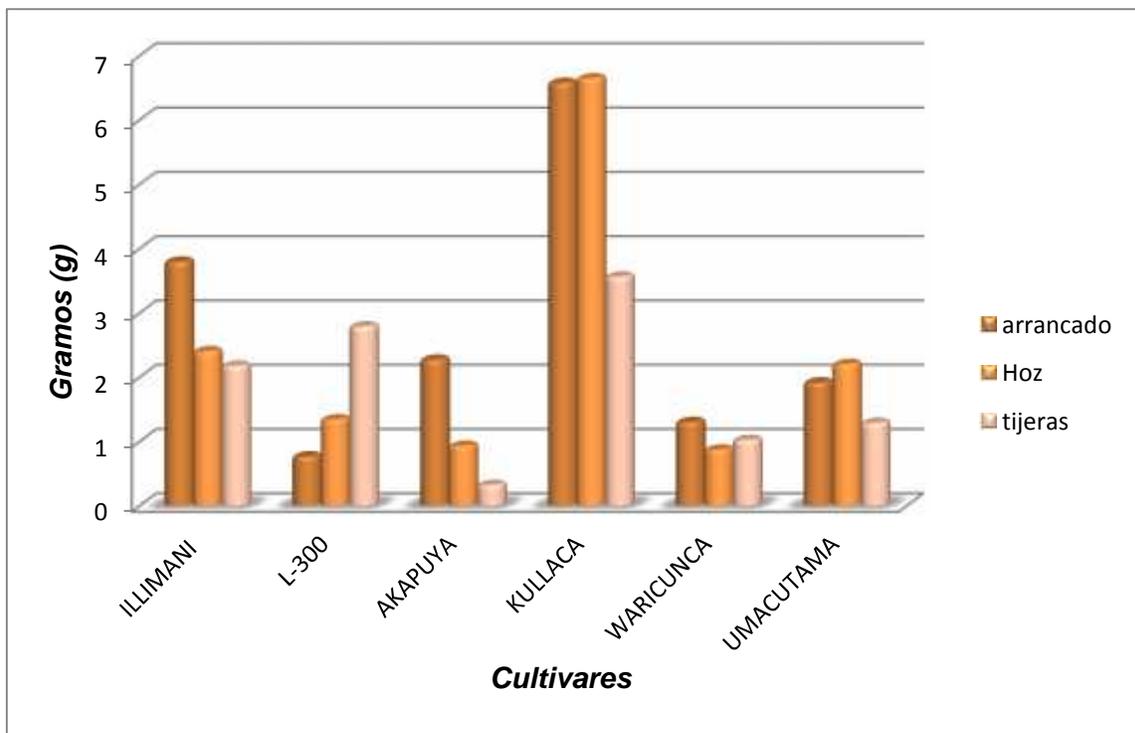


Figura 9. Cantidad de grano caído por acción de los métodos de cosecha para el primer bloque.

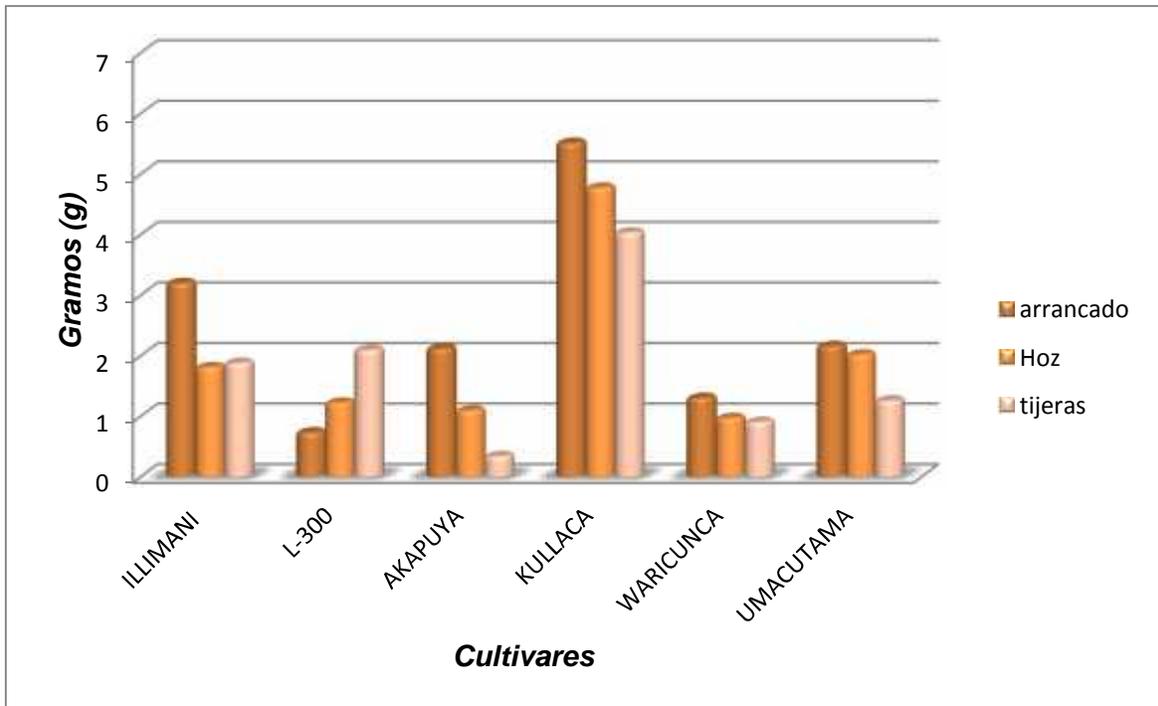


Figura 10. Cantidad de grano caído por acción de los métodos de cosecha para el segundo bloque.

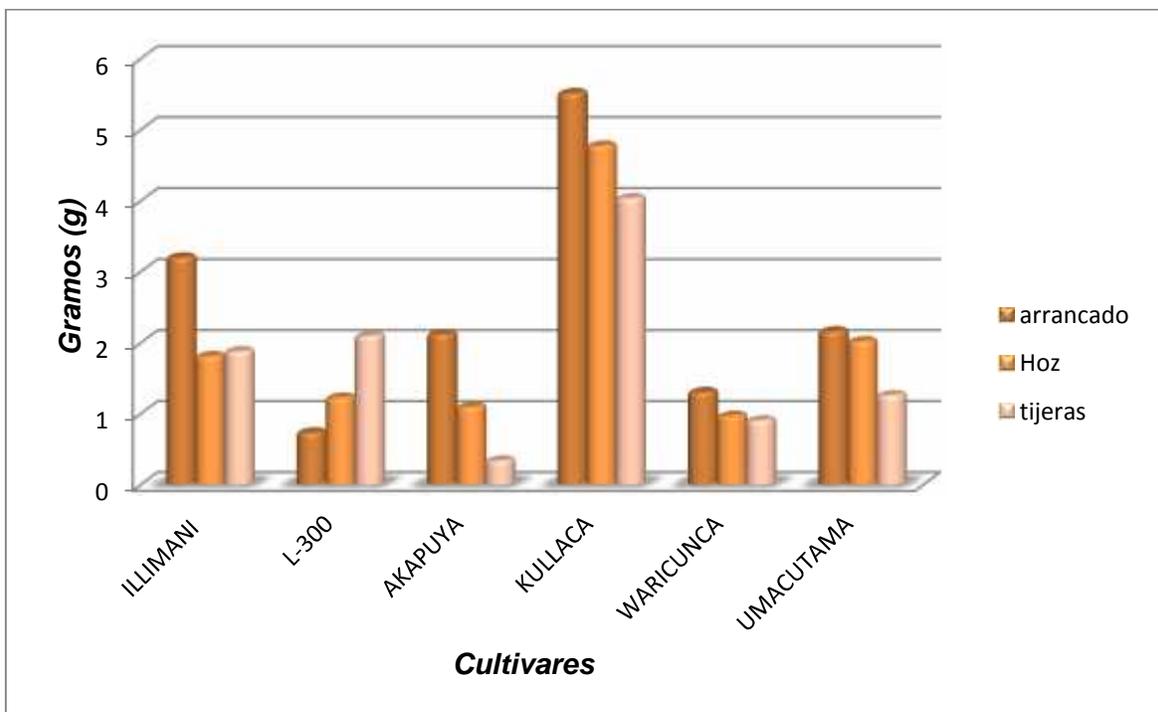


Figura 11. Cantidad de grano caído por acción de los métodos de cosecha para el tercer bloque.



MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *PROYECTO ANDES CROP*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia CAMACHO, CARABUCO.

N° SOLICITUD: *138B / 2013*
FECHA DE RECEPCION : *31 / Mayo / 2013*
FECHA DE ENTREGA : *20 / Junio / 2013*
N° Factura : *6569 / 13*

DESCRIPCIÓN : *Muestra de suelo - AC CRBCO*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
303-01 /2013	TEXTURA	ARENA	45	%	Hidrómetro de Bouyoucos
303-02 /2014		ARCILLA	31	%	Hidrómetro de Bouyoucos
303-03 /2015		LIMO	24	%	Hidrómetro de Bouyoucos
303-04 /2016		CLASE TEXTURAL	FYA-FY	-	Hidrómetro de Bouyoucos
303-05 /2017		GRAVA	4,08	%	Gravimetría
303-06 /2018	CARBONATOS LIBRES	P	-	Reacción ácida	
303-07 /2019	pH en agua 1:5	6,07	-	Potenciometría	
303-08 /2020	pH en KCl 1N, 1:5	5,64	-	Potenciometría	
303-09 /2021	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,056	dS/m	Potenciometría	
303-10 /2022	CATIONES	Acidez de cambio (Al+H)	0,02	meq/100 g	Volumetría
303-11 /2023		Calcio	6,67	meq/100 g	Absorción atómica
303-12 /2024		Magnesio	1,51	meq/100 g	Absorción atómica
303-13 /2025		Sodio	0,14	meq/100 g	Emisión atómica
303-14 /2026		Potasio	0,39	meq/100 g	Emisión atómica
303-15 /2027		Total de bases	8,71	meq/100 g	Suma de base
303-16 /2028	C. I. C.	8,73	meq/100 g	Volumetría	
303-17 /2029	SATURACIÓN BÁSICA	99,8	%	Cálculo matemático	
303-18 /2030	Materia Orgánica	2,86	%	Walkley Black	
303-19 /2031	Nitrógeno total	0,14	%	Kjeldahl	
303-20 /2032	Fósforo asimilable	14,97	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraídos con acetato de amonio 1N.
C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.
CARBONATOS LIBRES; A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso FA : Franco Arenoso. YL : Arcilloso Limoso
L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso AF : Arenosos Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.

Cf. Av. 6 de Agosto 3945, -Telf.- 2433481 - 2430309 - 2433877 - 2128383 Fax: (0591-2) 2433063, La Paz - Bolivia Casilla 4821, Telf.- 2800095 CIN-Viacha, E-mail: ibten@entelnet.bo

Figura 12. Análisis Físico Químico de suelos del área experimental



Figura 13. Cultivar Illimani en estado de madurez fisiológica.



Figura 14. Cultivar Akapuya en estado de madurez fisiológica.



Figura 15. Cultivar L-300 en estado de madurez fisiológica.



Figura 16. Cultivar Kullaca en estado de madurez fisiológica.



Figura 17. Cultivar Warikunka en estado de madurez fisiológica.



Figura 18. Cultivar Umacutama en estado de madurez fisiológica.



Figura 19. Colector de grano instalado en la unidad experimental del cultivar Warikunka (Lasta).



Figura 20. Colector de grano instalado en la unidad experimental del cultivar L-300 (Saihua).



Figura 21. Colecta del grano caído a causa de los métodos de cosecha.



Figura 22. Toma de muestra para analisis físico químico de suelo (Cuarteo).

