

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DEL
GRANO DE QUINUA ROJA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN EL
CENTRO K'IPHA K'IPHANI, PROVINCIA INGAVI**

LILIANA CALLE SILLO

LA PAZ – BOLIVIA

2016

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

**EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DEL
GRANO DE QUINUA ROJA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN EL
CENTRO K'IPHA K'IPHANI, PROVINCIA INGAVI**

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

LILIANA CALLE SILLO

Asesores:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Ing. M.Sc. Amalia Vargas Mena

Tribunal examinador:

Ing. Ph. D. Yakov Arteaga García

Ing. Ph. D. Carmen Rosa del Castillo Gutiérrez

Ing. Rene Calatayud Valdez

Aprobado

Presidente Tribunal Examinador:

2016

DEDICATORIA:

A Dios, a mis padres Wilson Calle y Eugenia Sillo, por su amor y apoyo incondicional, impulsándome a seguir adelante, para cumplir todas mis metas. A mis queridos hermanos Nelson, Álvaro, Mauricio y Yudith por su inmenso cariño y aliento emocional.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Wilson y Eugenia por su inmenso amor, comprensión y paciencia; por depositar su confianza en mí, durante todos los años de estudio en la Universidad.

De todo corazón a mi asesor Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores por brindarme la oportunidad de realizar la tesis en la fundación “PROINPA”, la confianza otorgada, consejos valiosos y paciencia, contribuyendo así a la formación profesional de mi persona.

Agradezco profundamente a mi asesora Amalia Vargas Mena, por el apoyo brindado en el proceso de investigación y por los conocimientos compartidos que coadyuvaron en la elaboración del documento.

A la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, a los catedráticos por los conocimientos impartidos, que en su labor de enseñanza nos guían y orientan en diferentes etapas del aprendizaje.

Agradezco a Ing. Ph. D. Yakov Arteaga García, Ph. D. Carmen Rosa del Castillo Gutiérrez e Ing. Rene Calatayud Valdez, miembros del tribunal revisor, por su valioso aporte y acertadas sugerencias para la presente investigación.

A mi querido compañero Alex Condori con mucho cariño por estar junto a mí en todo momento, brindándome su apoyo y lealtad.

A mis queridos amigos (as): Cinthia Quispe, Rodrigo Arismendi, Julián Sarzo, Jhannet Yanahuaya, David padilla, y a todos los que aportaron con su granito de arena, muchas gracias.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
2.3. Hipótesis	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Cultivo de quinua	4
3.1.1. Taxonomía de la planta	4
3.1.2. Fases fenológicas.....	5
3.1.3. Biología floral	7
3.1.4. Quinua roja	8
3.2. Distribución geográfica	8
3.2.1. Producción de quinua	9
3.2.1.1. Producción Mundial.....	9

3.2.1.2.	Producción en Bolivia.....	10
3.3.	Importancia de la variabilidad genética.....	10
3.4.	Adaptabilidad de la quinua.....	11
3.5.	Mejoramiento genético en quinua.....	11
3.6.	Resistencia al mildiu	12
3.7.	Cosecha y post cosecha.....	13
3.7.1.	Cosecha	13
3.7.2.	Post cosecha	14
3.7.2.1.	Trillado	14
3.7.2.2.	Cernido y venteado	15
3.7.2.3.	Selección mecánica de semilla de quinua.....	15
3.8.	Características del grano de quinua	16
3.8.1.	Saponinas.....	18
3.8.2.	Gránulo de almidón	19
3.8.3.	Forma del grano	20
3.8.4.	Tamaño del grano.....	20
3.8.5.	Características físicas.....	21
3.8.6.	Peso hectolítrico	21
3.9.	Industrialización	22
3.10.	Alternativas de procesamiento industrial.....	22
3.10.1.	Expandidos de quinua	24
3.10.1.1.	Proceso de expandido.....	24
3.10.1.2.	Índice de expansión	25
3.10.1.3.	Descripción	25

3.10.2.	Laminado de quinua	26
3.10.2.1.	Proceso	27
3.10.2.2.	Descripción	27
4.	LOCALIZACIÓN.....	29
4.1.	Características generales de la zona de estudio	30
4.1.1.	Clima	30
4.1.2.	Fisiografía.....	30
4.1.3.	Suelos.....	30
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
5.1.	Materiales	31
5.1.1.	Material biológico.....	31
5.1.2.	Materiales de campo	32
5.1.3.	Materiales y equipos de laboratorio	32
5.2.	Metodología	32
5.2.1.	Procedimiento experimental	32
5.2.2.	Diseño experimental	32
5.2.3.	Modelo lineal aditivo	33
5.2.3.1.	Croquis de la parcela experimental.....	33
5.3.	Trabajo de campo.....	34
5.3.1.	Identificación y registro de genotipos.....	34
5.3.2.	Trilla y venteo	35
5.3.3.	Registro de pesos.....	35
5.4.	Variables de respuesta	36
5.4.1.	Evaluación de las variables cuantitativas en la cosecha	36

5.4.2.	Determinación del índice de cosecha y rendimiento.....	36
5.4.3.	Categorización de grano por tamaño.....	37
5.4.4.	Determinación de peso hectolítrico.....	37
5.4.5.	Determinación de la calidad de semilla	38
5.4.6.	Evaluación de calidad de grano para expandido y laminado.....	38
5.4.6.1.	Proceso de expandido en quinua roja.....	38
5.4.6.1.1.	Acondicionamiento	39
5.4.6.1.2.	Expandido de quinua	39
5.4.6.2.	Proceso de laminado en quinua.....	40
5.4.6.2.1.	Acondicionado	40
5.4.6.2.2.	Laminado.....	40
5.4.6.2.3.	Secado y tamizado	41
6.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	42
6.1.	Resultados de variables cuantitativas en la cosecha.....	42
6.1.1.	Altura de planta.....	42
6.1.2.	Diámetro de panoja	44
6.1.3.	Longitud de panoja	46
6.1.4.	Rendimiento.....	48
6.1.5.	Índice de cosecha.....	49
6.1.6.	Días a la madurez fisiológica.....	50
6.2.	Resultados de variables comerciales en la post cosecha.....	51
6.2.1.	Categorías de grano según calibre.....	51
6.2.1.1.	Tamaño de grano grande.....	51
6.2.1.2.	Tamaño de grano mediano	53

6.2.2.	Peso hectolítrico y su relación con el tamaño de grano.....	55
6.2.2.1.	Peso hectolítrico para grano de tamaño grande	55
6.2.2.2.	Peso hectolítrico para tamaño de grano mediano	57
6.3.	Calidad de semilla por categorías de grano.....	59
6.3.1.	Porcentaje de germinación en grano de tamaño grande	59
6.3.2.	Porcentaje de germinación en grano de tamaño mediano	60
6.4.	Presencia de saponina	63
6.5.	Expandido de quinua	64
6.5.1.	Análisis de varianza para expandido de quinua	65
6.6.	Laminado en quinua	68
6.6.1.	Proporción de hojuelas	68
6.6.2.	Proporción de sémola presente en hojuelas.....	70
6.6.3.	Diámetro de hojuelas.....	72
7.	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	74
7.1.	Conclusión	74
7.2.	Recomendación.....	76
8.	BIBLIOGRAFÍA	77
	ANEXOS	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Posibles genotipos en el color de grano de quinua.	8
Cuadro 2.	Características físicas de quinua orgánica.	21
Cuadro 3.	Características del expandido de quinua.....	26
Cuadro 4.	Características de calidad en laminado de quinua.	27
Cuadro 5.	Parámetros máximos permitidos en hojuelas de quinua	28
Cuadro 6.	Características del material genético.....	31
Cuadro 7.	Determinación de tamaño de los granos de quinua en función a su diámetro promedio	37
Cuadro 8.	Análisis de varianza para altura de planta.	42
Cuadro 9.	Prueba de Duncan para altura de planta	43
Cuadro 10.	Análisis de varianza para el diámetro de panoja	44
Cuadro 11.	Prueba de Duncan para diámetro de panoja.	45
Cuadro 12.	Análisis de varianza para longitud de panoja	46
Cuadro 13.	Prueba de Duncan para longitud de panoja	47
Cuadro 14.	Análisis de varianza para el rendimiento.	48
Cuadro 15.	Análisis de varianza para índice de cosecha	49
Cuadro 16.	Prueba de Duncan para índice de cosecha.....	50
Cuadro 17.	Análisis de varianza para el porcentaje de tamaño grande	51
Cuadro 18.	Comparación de medias Duncan de porcentaje de tamaño grande	52
Cuadro 19.	Análisis de varianza para tamaño de grano mediano.	53
Cuadro 20.	Prueba de Duncan para el tamaño de grano mediano	54
Cuadro 21.	Análisis de varianza para peso hectolítrico de grano grande.	55

Cuadro 22.	Prueba de medias Duncan para peso hectolítrico de grano grande.	56
Cuadro 23.	Análisis de varianza para peso hectolítrico de grano mediano	57
Cuadro 24.	Prueba de medias Duncan para peso hectolítrico de grano	
	mediano.....	58
Cuadro 25.	Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en grano	
	de tamaño grande.....	59
Cuadro 26.	Análisis de varianza para el porcentaje en germinación de	
	grano mediano	60
Cuadro 27.	Prueba de medias Duncan para porcentaje de germinación de	
	grano mediano a las 24 horas.	61
Cuadro 28.	Porcentaje de germinación a las 24, 36 y 48 horas de la	
	hidratación	62
Cuadro 29.	Características del material genético.....	63
Cuadro 30.	Registro de datos sobresalientes para la obtención de	
	expandido de quinua.	65
Cuadro 31.	Análisis de varianza para el volumen de expandido	65
Cuadro 32.	Prueba de medias Duncan para el volumen expandido	66
Cuadro 33.	Análisis de varianza para proporción de hojuelas.....	68
Cuadro 34.	Comparación de medias similares Duncan para proporción	
	de hojuelas.....	69
Cuadro 35.	Análisis de varianza para proporción de sémola en hojuelas	70
Cuadro 36.	Comparación de medias similares Duncan proporción de sémola ..	71
Cuadro 37.	Análisis de varianza para diámetros de hojuelas.....	72
Cuadro 38.	Comparación de medias Duncan para diámetros de hojuelas	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Forma de panoja: glomerulada, intermedia y amarantiforme (Rojas y Pinto, 2013).....	7
Figura 2. Estructura anatómica del grano de quinua (Gandarillas, 1982).....	17
Figura 3. Formas de grano en quinua: 1 lenticular, 2 cilíndrica, 3 elipsoidal y 4 cónica (Rojas y Pinto, 2013).....	20
Figura 4. Mapa de la ubicación geográfica de “K’iphak’iphani”	29
Figura 5. Croquis de la parcela experimental en predios de “PROINPA”	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Días a la madurez fisiológica en genotipos de quinua roja.	87
Anexo 2.	Promedios de variables cuantitativas en la cosecha.	87
Anexo 3.	Promedios de variables relacionadas con la calidad de grano.	88
Anexo 4.	Promedios de datos para expandido y laminado de quinua.	88
Anexo 5.	Registro de datos en plantas individuales	89
Anexo 6.	Calibración del grano de quinua.	89
Anexo 7.	Porcentaje de germinación a las 24 horas	90
Anexo 8.	Acondicionamiento para expandido en quinua.	91
Anexo 9.	Proceso de beneficiado en quinua roja	92
Anexo 10.	Proceso de laminado de granos en quinua roja	93
Anexo 11.	Datos analizados en programa estadístico	94

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Investigación K'iphak'iphani localidad de Viacha, departamento de La Paz, con la finalidad de evaluar variables en la cosecha y post cosecha de 12 líneas de quinua roja (*Chenopodium quinoa* Willd.) seleccionadas por su resistencia al mildiu (*Peronospora variabilis*). Los objetivos fueron evaluar las variables cuantitativas en la cosecha, determinando su respectivo índice de cosecha, evaluar el peso hectolítrico y su relación con el tamaño de grano, determinar las categorías de grano según calibre y sus proporciones, probar la calidad de semilla en la germinación y evaluar la calidad del grano al ser procesada (expandido y laminado). Los resultados mostraron diferencias estadísticas para las variables cuantitativas, siendo de mayor altura las líneas L-BLHB y L-PSKA con 109 y 101 cm. La línea L-BLHB presentó el mayor tamaño de panoja con 4,7 cm de diámetro y 27 cm longitud de panoja. El mayor índice de cosecha fue de la línea L-GO con 0,48. En calidad de grano, las líneas mostraron predominancia en grano de categoría mediano con 91 y 84% en peso en las líneas L-CAR/2/ y L-GO respectivamente. Las líneas L-M389 y L-CAR/2/ poseen grano de las categorías mediano y pequeño. El peso hectolítrico fue mayor en grano de tamaño mediano (L-PSKA=75,17kg/hl) e inferior en grano grande (L-PSKA=72,55 kg/hl). En el expandido de granos se logró apreciar diferencias estadísticas, siendo los genotipos más destacados L-BLHB, L-PSKA y L-GO con mayor índice de expansión. La mayor calidad de grano para el laminado (proporción de hojuelas enteras respecto a la parte menuda o sémola) fue evidenciada para las líneas L-CAR/2/, L-33(02), L-PSKA, L-6(12) y L-118 que superaron el 80% de hojuelas enteras. En conclusión, las líneas de quinua roja difieren en sus variables cuantitativas relacionadas con la calidad de grano, así como en características de calidad de grano procesado en hojuelas y pipocas, lo que conduce a establecer criterios técnicos de evaluación en el proceso de selección en campo y aprovechamiento diferenciado de variedades en la agroindustria de la quinua.

ABSTRACT

The investigation was developed at the “K’iphak’iphani” research center locality of Viacha, department of La Paz, to evaluate the harvest and postharvest related variables of 12 genotypes of red quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) selected for its resistance to mildew (*Peronospora variabilis*). The objectives were to evaluate quantitative variables at harvest, determine the harvest index, assessing hectoliter weight and its relation with grain size, determine the categories according to grain size and proportions, test the quality of seed germination and evaluate the quality of grain for processing (popped and flaked). The results showed statistical differences for quantitative variables, the tallest plants were lines L-BLHB and L-PSKA with 109 y 101 cm. The line L-BLHB had the larger panicle with 4,7 cm in diameter and 27 cm panicle length. The higher harvest index was the line L-GO with 0,48. In grain quality, the lines showed predominance of grain medium to small size with 91 and 84% in weight of lines L-CAR/2/ and L-GO. The lines L-M389 and L-CAR/2/ only have medium and small size grain. The hectoliter weight was higher in medium sized grain (L-PSKA = 75,17kg/hl) and lower in large seeds (L-PSKA= 72,55 kg/hl). In the popped quinoa grains it was found statistical differences, the most outstanding genotypes were L-BLHB, L-PSKA and L-GO with the highest rate of expansion. The best grain quality for quinoa flakes (ratio of whole flakes in relation to small part or product) was evidenced for L -CAR /2/, L-33 (02), L-PSKA, L-6(12) and L-118 lines which exceeded 80% of whole flakes. In conclusion, red quinoa lines differ in their quantitative variables related to the quality of grain as well as grain quality characteristics of processing as flakes and quinoa pop, leading to establish the technical evaluation criteria for selection process in field and differentiated use of varieties for quinoa agroindustry.

1. INTRODUCCIÓN

El grano de quinua es considerado un alimento excepcional debido a sus múltiples cualidades nutricionales, con gran potencialidad para la agroindustria según la variedad, permitiendo el consumo en diferentes presentaciones, por su diversidad presente en el Altiplano; puede ser aprovechada eficientemente si se conoce la calidad de grano que presenta. La FAO facilitó el año internacional de la quinua en el 2013, señalando que, por su amplia adaptabilidad a diferentes pisos ecológicos, contribuye a la lucha contra el hambre y la desnutrición humana.

Sobre la importancia de la quinua, Bonifacio y López (2013) sugieren que la semilla producida en sus categorías certificada y artesanal tiene alta demanda, y su precio sube cada vez más y más, actualmente el mercado no diferencia variedades por su calidad intrínseca. Solamente se diferencia en base a dos criterios: tamaño y color.

La quinua roja en particular, no ha sido objeto de evaluación por sus características en la post cosecha, sin embargo, la agroindustria de la quinua ya está incluyendo este tipo de grano a los productos comerciales. Ecotipos y variedades nativas de grano rojo y negro son escasas y no se tiene una variedad mejorada con esas características de grano, pero la quinua de grano rojo o café ha tenido demanda en el mercado en los últimos años, lo que está contribuyendo a mantener la diversidad genética (Bonifacio y López, 2013).

Figueredo (2008), afirma que la quinua por poseer una proteína que se asemeja a la caseína de la leche y almidón, puede producir un sustituto a la crema y grasa, es por esto que la empresa Nutrasweet, por ejemplo, ha desarrollado un sustituto a la crema de carbohidratos a base de almidón de quinua, por lo que se considera que el grano de quinua es un producto con amplia versatilidad de procesamiento industrial.

La quinua roja está presente en las recetas más sofisticadas tales como el tomate relleno con quinua roja, vino y champiñones, pie de quinua con piña entre otras (Villanueva, s.a.). La agroindustria de la quinua ha incursionado en el uso de la diversidad genética de la quinua roja y blanca, muestra de ello es la elaboración de fideos con calidad de exportación (INTERAMSA, 2014).

En el último quinquenio, la quinua ha adquirido un alto valor comercial en el mercado de exportación, la quinua de grano blanco tiene más demanda y se comercializa como quinua perlada, sin embargo, la quinua roja también tiene demanda en el mercado, este tipo de quinua no ha sido objeto de evaluación detenida, razón por lo cual es necesario estudiar detalladamente genotipos de quinua roja y de esta manera contribuir al conocimiento de la calidad que las mismas poseen, mediante un adecuado proceso de transformación del grano.

Debido a las variaciones de oferta y demanda, entre 2014 y 2015, los precios de quinua real han descendido considerablemente, lo que en cierta manera desalienta la producción, sin embargo, la quinua roja mantiene los precios de venta superiores en comparación a la quinua blanca.

La evaluación de líneas mejoradas, es un proceso previo a la liberación de nuevas variedades, los caracteres agronómicos son frecuentemente evaluados y las variables relacionadas con la calidad comercial son escasamente valoradas, los caracteres de uso ya sea doméstico o industrial raras veces se consideran en la evaluación. En el Centro K'iphak'ipani se ha generado líneas sobresalientes de quinua roja que han sido evaluados en sus caracteres agronómicos y requieren de una evaluación de los caracteres implicados en la post cosecha con perspectivas de aplicaciones en la agroindustria.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar las características comerciales del grano de Quina roja (*Chenopodium quinoa Willd.*) en el centro K'iphak'iphani, provincia Ingavi.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar las variables cuantitativas en la cosecha de líneas de quinua de grano roja (altura de planta y rendimiento).
- Determinar el índice de cosecha de las líneas.
- Evaluar el peso hectolitrico y su relación con el tamaño de grano.
- Determinar las categorías de grano según calibre y sus proporciones.
- Comparar la calidad de semilla de las líneas seleccionadas (germinación, presencia de saponina y expandido de quinua roja).

2.3. Hipótesis

Ho: Las variables cuantitativas en la cosecha de líneas de quinua roja (altura de planta y rendimiento), son iguales entre líneas.

Ho: El índice de cosecha de las líneas son similares.

Ho: El peso hectolítrico y su relación con el tamaño de grano son equivalentes entre líneas de quinua roja.

Ho: Las categorías de grano según calibre y sus proporciones son idénticas entre líneas.

Ho: La calidad de semilla de las líneas seleccionadas (germinación, presencia de saponina, expandido y laminado de quinua roja), son semejantes.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultivo de quinua

La FAO (1990), señala que la quinua es una planta anual que puede medir de 1m a 3,5 m de altura, según ecotipos, razas y el medio ecológico donde se cultiven, en la ramificación se puede encontrar plantas con un solo tallo principal y otras con ramas laterales muy cortas.

3.1.1. Taxonomía de la planta

Mujica *et al.* (2004) indican que dentro el género *Chenopodium* existen cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias: como productoras de grano, *Ch. quinoa* Willd. y *Ch. pallidicaule* Aellen, en Sudamérica; como verdura *Ch. nuttalliae* Safford y *Ch. ambrosioides* L. en México; *Ch. carnosololum* y *Ch. ambrosioides* en Sudamérica; el número cromosómico básico del género es nueve, siendo una planta alotetraploide con 36 cromosomas somáticos, la clasificación es la siguiente:

Reino : Vegetal
División : Fanerógamas
Clase : Dicotiledóneas
Sub clase : Angiospermas
Orden : Centrospermas
Familia : Chenopodiáceas
Género : *Chenopodium*
Sección : Chenopodia
Subsección : Cellulata

3.1.2. Fases fenológicas

Según Mujica *et al.* (2004) la quinua atraviesa por catorce fases fenológicas claramente distinguibles, en las diferentes accesiones del banco de germoplasma, así como en distintas variedades en campo de agricultores, habiendo determinado las siguientes fases:

- **Emergencia:** la emergencia de cotiledones aun unidos emerge del suelo, es una etapa muy susceptible al ataque de aves, de 5 – 6 días después de la siembra con la adecuada humedad.
- **Hojas cotiledonales:** de los 7 – 10 días después de la siembra se separan los cotiledones extendiéndose en forma lanceolada, esta fase también es susceptible al daño de aves, debido a la carnosidad de sus hojas.
- **Dos hojas verdaderas:** aparecen dos hojas verdaderas con nervaduras claramente distinguibles se encuentra en botón foliar del siguiente par de hojas, de los 15 - 20 días de la siembra.
- **Cuatro hojas verdaderas:** se observan dos pares de hojas verdaderas completamente extendidas y aún se nota la presencia de las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice de la plántula e inicio de formación de botones en las axilas del primer par de hojas; ocurre de los 25 - 30 días después de la siembra.
- **Seis hojas verdaderas:** se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tornándose de color amarillento las hojas cotiledonales y algo flácidas, se notan ya las hojas axilares, esta fase ocurre de los 35 - 45 días de la siembra.
- **Ramificación:** con ocho hojas verdaderas extendidas con extensión de hojas axilares hasta la tercera fila de hojas en el tallo, se caen los cotiledones dejando cicatrices notorias, la inflorescencia protegida aun por hojas ocurre de 45 – 50 días de la siembra.

- **Inicio de panojamiento:** La inflorescencia emerge del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas con bastantes cristales de oxalato de calcio, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes (sucede a los 57 días de la siembra).
- **Panojamiento:** La inflorescencia sobresale con mucha nitidez por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados sobre todo los apicales. Esta etapa ocurre de los 65 a 70 días de la siembra.
- **Inicio de floración:** En esta fase las flores hermafroditas apicales de los glomérulos conformantes de la inflorescencia se encuentran abiertos, mostrando los estambres separados de color amarillento.
- **Floración:** Es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia principal se encuentran abiertas; esto ocurre de los 90 a 100 días de la siembra.
- **Grano lechoso:** Fase cuando los frutos al ser presionados entre las uñas de los dedos pulgares, explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de los 100 a 130 días de la siembra. En esta fase el déficit de agua es perjudicial para la producción.
- **Grano pastoso:** Es cuando el fruto al ser presionados presenta una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días de la siembra.
- **Madurez fisiológica:** Es la fase en la que la planta completa su madurez, y se reconoce cuando los granos al ser presionados por las uñas presentan resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días de la siembra, en esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%; el lapso comprendido desde la floración hasta la madurez fisiológica, viene a constituir el período de llenado de grano.

3.1.3. Biología floral

El conocimiento de la biología floral de la quinua ha permitido iniciar trabajos de mejoramiento a través de la hibridación y selecciones de la misma, puesto que da a conocer los porcentajes de autopolinización, polinización cruzada, cantidades de flores de diferentes sexos, cantidad de glomérulos en las inflorescencias, número de flores en los glomérulos, tiempo de apertura de las flores, tiempo de maduración de órganos florales, presencia de aberraciones florales, agentes polinizadores y comportamiento diferencial de las variedades (Mujica *et al.*, 2004).

Rojas y Pinto (2013) mencionan en quinua se puede encontrar tres formas de panoja, amarantiforme, donde los glomérulos están insertos directamente en el eje secundario de forma delgada, glomerulada, los glomérulos adheridos en ejes glomerulados de forma globosa, por último, panoja intermedia cuando presenta las dos características, además puede ser laxa o compacta, como se puede observar en la figura 1.

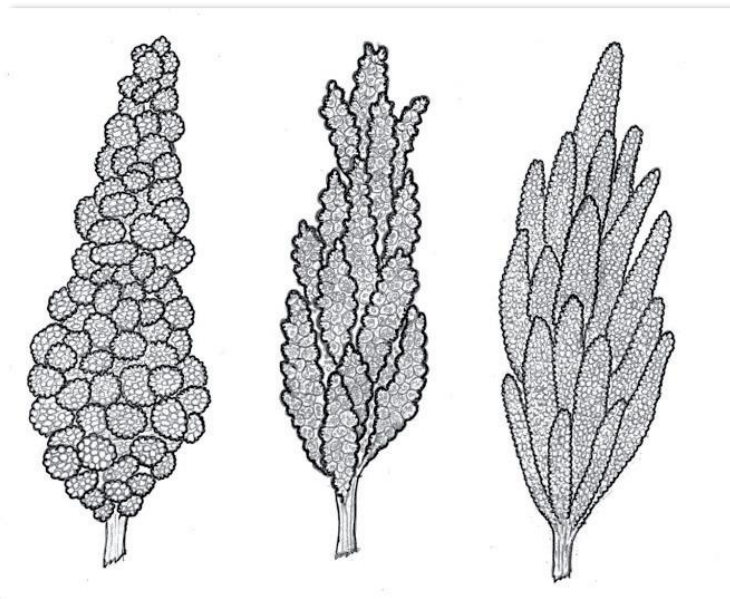


Figura 1. Forma de panoja: glomerulada, intermedia y amarantiforme (Rojas y Pinto, 2013).

3.1.4. Quinua roja

Bonifacio y López (2013), han demostrado que el color rojo y negro en la quinua son caracteres poco estables por la segregación natural que tiene lugar en este tipo de materiales genéticos, la selección en este material presenta dificultades debido a la segregación natural.

Torrez *et al.* (2002) evaluaron variedades de quinua, donde los mayores rendimientos en proteínas fueron para la Ajara de grano negro y Real Blanca con un contenido aproximado de 18%, el resto presentaron valores no inferiores a 14% de proteína.

Gandarillas (1974) ha propuesto la forma de herencia del color de grano, estableciendo el fenotipo y genotipo respecto al color de grano en quinua, lo que se puede observar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Posibles genotipos en el color de grano de quinua.

COLOR DE GRANO	GENOTIPOS
Negro	AACC, A-C, Aa ₁ Cc ₁
Café	a ₁ a ₁ C ₁ C ₁ , a ₁ - c ₁
Café claro	a ^c a ^c cc
Amarillo	A – cc, aaC-, a ₁ – cc, aac ₁ -
Rojo	a ^r a ^r cc
Blanco	Aacc

Fuente: Gandarillas (1974).

3.2. Distribución geográfica

La distribución de la quinua, en Bolivia y sus zonas tradicionales con mayor variabilidad genética y producción se encuentran en el altiplano de La Paz, Oruro y

Potosí y en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Tarija (Rojas, 2008).

Mujica y Viñas (2010) señalan que la quinua de acuerdo a sus necesidades y preferencias, se encuentran ahora ocho grupos: quinuas de altiplano, de valles interandinos, de salares, de zonas secas y áridas, de zonas frías y altas; de costa, de ceja, de selva y zonas tropicales, teniendo al grupo de las reales en los territorios del intersalar de Salinas de Garci Mendoza, Uyuni, Coipasa, produciendo granos de mayor tamaño en condiciones extremas de sequía.

Según Rojas (1998) la distribución geográfica de la quinua en la región se extiende desde los 5° Latitud Norte al sur de Colombia, hasta los 43° Latitud Sur en la Décima Región de Chile, y su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar en Chile hasta los 4000 m.s.n.m. en el altiplano que comparten Perú y Bolivia, existiendo así, quinuas de costa, valles, valles interandinos, puna y altiplano.

3.2.1. Producción de quinua

3.2.1.1. Producción Mundial

El rendimiento promedio en Perú es de 70 qq/ha, en Bolivia se registró 16,5 qq/ha, ANAPQUI señala que la producción en Bolivia es artesanal, los costos de producción están por encima a comparación con Perú debido al uso de la tecnología, sin embargo, Bolivia tiene la ventaja natural de tener una colección propia de quinua real, producido en el espacio geográfico del intersalar de Coipasa y Uyuni, siendo el primer productor mundial debido a su porcentaje de producción, aunque los rendimientos descendieron a menos de 466 kg/ha (IBCE, 2015).

3.2.1.2. Producción en Bolivia

La mayor producción de quinua proviene de Salinas y otras poblaciones de Oruro, con el 62%, que se destina para fines comerciales y representa el 85% de los ingresos de los pobladores (CEPROBOL, 2007). Según encuestas realizadas por PNUD (2009) la quinua se cultiva en la zona andina de Bolivia con un rendimiento promedio de 497 kg/ha.

Lezcano (2013) menciona que en 2012 los países líderes a nivel mundial en la exportación de quínoa fueron Bolivia y Perú, seguido por Estados Unidos con menor participación, Bolivia concentro el 60% del mercado tanto en volumen como en valor y Perú con más del 20%. En cuanto a expansión la superficie cultivada de quinua casi se ha triplicado en el periodo 2006 - 2013, aumentando de 46316 a 131192 ha proyectándose para el 2014 llegar a 169094 ha (LA RAZÓN, 2014).

3.3. Importancia de la variabilidad genética

La quinua posee una amplia variabilidad genética, apreciándose en el color de la planta, inflorescencia, semillas, duración de cultivo, valoradas por su contenido de proteína y calidad industrial, a pesar de su variabilidad genética, no es usada adecuadamente debido al desconocimiento de su potencial y sus formas de utilización, conjuntamente Bolivia cuenta con más de 3100 accesiones, representando la mayor diversidad genética a nivel mundial (Rojas y Pinto, 2013).

La FAO (2011) señala que, con el propósito de introducir el concepto de diversidad genética, en estudios de valor nutritivo y agroindustrial de la quinua, la Fundación PROINPA realizó estudios de la riqueza genética que posee el Banco Nacional de Germoplasma de Granos Andinos de Bolivia, con muestras de germoplasma que permiten cuantificar la variación genética respecto a estos caracteres y a partir de ahí promover su uso en función a las aptitudes intrínsecas de cada material genético.

La morfología variada que representa la quinua, tiene mucha importancia para agricultores andinos, permitiendo un buen aprovechamiento con productividad amplia y variada asociada a sus diferentes formas (Fuentes *et al.*, 2009).

3.4. Adaptabilidad de la quinua

Según PNUD (2011), el altiplano sufre regímenes climáticos extremos que inciden en la potencialidad de los suelos agrícolas, los cuales podrían agudizarse debido al cambio climático provocando mayor erosión y salinización de los suelos, lo que incrementará la vulnerabilidad del ecosistema.

La amplia variabilidad genética de la quinua le permite adaptarse a diversos ambientes ecológicos (valles interandinos, Altiplano, Yungas, salares, nivel del mar, etc.) donde se presenta diferentes condiciones de humedad relativa, altitud y temperatura ambiental, ello evidencia su potencial de cultivo en otros lugares del mundo, así como su adaptación al cambio climático (FAO, 2013).

3.5. Mejoramiento genético en quinua

Bonifacio *et al.* (2014) mencionan que el objetivo del mejoramiento genético es la obtención de variedades mejoradas de buen rendimiento, resistencia a factores bióticos y abióticos, calidad adecuada de grano, mediante la selección, como por ejemplo la selección en el color de grano con maduración uniforme, lo que se puede evidenciar claramente con la disminución de semillas de color negro.

Gandarillas (1979) señala que los trabajos de mejoramiento en quinua iniciaron en 1965 en la Estación Experimental de Patacamaya, con el objetivo de mejorar características de planta y grano con estudios de modo de reproducción, métodos culturales y otros.

Gómez *et al.* (2010) evaluaron el cultivo de quinua Pasankalla expuestos a rayos gamma, observando más de dos tipos de mutaciones en la planta, con la dosis de 250 Gy la variación fue en la ramificación, longitud de pedicelos, reducción de altura de planta y ciclo de vida, lo que puede contribuir al mejoramiento de la quinua ya que la mutación provoca una evolución controlada y dirigida según los objetivos planteados.

3.6. Resistencia al mildiu

El cultivo de quinua presenta un amplio rango de susceptibilidad al mildiu, hay variedades que sufren infecciones escalonadas o sistémicas, algunas sufren lesiones que abarcan todo el limbo foliar y otras evidencian un alto grado de tolerancia y/o resistencia (Bonifacio y Saravia, 1999).

PROINPA (2011) recomienda combinación de variedades como ser Real Blanca, Real Amarilla, Pandela, Pisancalla, etc, en el Altiplano Sur; si el clima es favorable usar combinación de variedades menos susceptibles como Jacha Grano en el Altiplano Centro y Norte, complementando las mismas con monitoreo y control de plagas.

Gabriel *et al.* (2013), evaluaron cultivares de quinua resistentes a mildiu (*Peronospora farinosa*) de alto rendimiento con tamaño de grano grande demostrando que cuando el ataque es severo afecta al rendimiento en grano. Los efectos del mildiu son reducción del rendimiento y pérdida de calidad de grano al ser opacado o negreado en su capa externa (Bonifacio *et al.*, s.f.).

Bonifacio *et al.* (2014) resaltan la importancia de mejorar quinuas resistentes a enfermedades como el mildiu *Peronospora variabilis*, considerando su producción dirigida al mercado orgánico, tomando en cuenta que la enfermedad puede ser transmitido vía semilla debido al movimiento de grano desde zonas secas a húmedas que favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Para Gandarillas *et al.* (2014) la enfermedad más importante es el mildiu de la quinua que es causado por el hongo *Peronospora variabilis* Gaum, antiguamente conocido como *Peronospora farinosa* sp. *chenopodii*, que al madurar la planta, las oosporas se impregnan en la superficie del grano, que puede ser llevado a otros países, ocasionando reducción de área foliar, atrofia de planta y por ende reducción de tamaño de panoja.

3.7. Cosecha y post cosecha

3.7.1. Cosecha

La quinua se cosecha cuando las plantas llegan a la madurez fisiológica según el grado de precocidad, su ciclo generalmente varía de 5 a 8 meses, esta que se distingue por el cambio de color de verde a amarillo y el grano ofrece resistencia al ser presionado con las uñas (Tapia, 2000). En esta fase el grano presenta 12% de humedad y la planta con 18%, cuando no se realiza una oportuna cosecha existe alta probabilidad de pérdidas por el desgrane causadas: por el viento, rozamiento entre panojas, en el corte y emparve (Quiroga *et al.*, 2014).

Camacho (2009), asegura que cuando las plantas están secas y los granos están duros, es decir después de 7 a 9 meses se realiza el corte o siega, de preferencia en horas de la mañana, para evitar caída de granos, posteriormente el emparvado para terminar de secar los granos y por último la trilla en lonas limpias se procede a golpear para separar los granos de la panoja.

Marconi (2007), determinó que la contaminación del grano con tierra y piedras es mayor si la cosecha se realiza arrancando las plantas (0,45%) y menor en el corte con hoz (0,05%) con una pérdida de grano de 0,63% para el arrancado y 0,22% para el corte con hoz, indicando que el tiempo de emparve también contribuye a la contaminación siendo la misma proporcional al incremento de contaminación del

grano y observó que a las cuatro semanas la contaminación fue de 0,05% a 0,06%, causada por heces de ratones y pájaros con mayor pérdida de grano.

Aroni *et al.* (2009) resaltan que la selección fenotípica no es más que la recolección de plantas de quinua con características sobresalientes como ser, tipo de inflorescencia, tamaño y color de granos, que se diferencia de las demás plantas de la misma parcela, trilla en forma separada, siendo este método aplicado por el 40% de productores de quinua real.

3.7.2. Post cosecha

Las plantas cosechadas se emparvan con el objetivo de secar las panojas, existen métodos de emparve como ser: en pequeños montículos en las parcelas en forma lineal con panojas dispuestas a un solo lado o en forma circular, en el Altiplano sur se practica emparvado en arcos en forma de “X” proporcionándole mayor aireación, protegiéndolo de las lluvias retrasadas empleando polietileno para cubrirlos evitando germinación de granos y putrefacción de la panoja lo cual afecta significativamente la calidad de grano como semilla (Quiroga *et al.*, 2014).

El venteado y limpieza se realiza con preferencia en horas de la tarde, aprovechado el viento, usando recipientes y lonas limpias. Para el secado se tiende lonas secas y limpias para secar totalmente los granos por 3 a 4 días y el almacenamiento en envases nuevos de polietileno, conservar en lugares apropiados (Camacho, 2009).

3.7.2.1. Trillado

La trilla se realiza para separar los granos de la panoja, la humedad de grano no debe sobrepasar al 15%, para la trilla tradicional se utiliza un palo macizo para golpear las panojas de esta manera se desprende el grano, y que aún se practica en producción de quinuas de laderas, la trilla con tractor sobre carpas, se realiza colocando las plantas en dos hileras con las panojas hacia el centro, cuya distancia

se adecua al ancho de la trocha del tractor o vehículo, por su parte PROINPA promociona la trilladora tubular, con un rendimiento de 95 kg/ha, obteniendo grano casi limpio evitando el tamizado posterior (Quiroga *et al.*, 2014).

Marconi (2007), demostró que la mayor pérdida de grano se produce en la trilla mecánica con un valor de 1,85%, mientras que en la trilla tradicional se registra una pérdida de 0,71%. Asimismo, observó que, para evitar pérdidas, la quinua debe estar con un porcentaje de humedad del 12% con la velocidad de rotación del cilindro trillador regulado perfectamente; caso contrario se obtiene grano con muchas impurezas y se elimina grano juntamente con la broza y el jipi.

3.7.2.2. Cernido y venteado

El cernido y venteado es realizado para separar el grano de la broza y el “jipi” que incluye restos de la planta y perigonio del grano, de forma tradicional se utiliza zarandas con orificios de 3,5 a 4 mm, el harneado es muy polvoriento, el viento puede favorecer esta labor, o ser perjudicial según su intensidad, tradicionalmente se utiliza recipientes dejando caer en chorros dependiendo la dirección del viento, por otra parte la venteadora mecánica accionada anualmente, reduce la dependencia del viento con un rendimiento de 6 qq/ha (Quiroga *et al.*, 2014).

Solid OPD (2010) indica que la eliminación de impurezas de los granos cosechados es importante durante el manejo post cosecha, puesto que permite mejorar la calidad y presentación del grano, al mismo tiempo favorece el almacenamiento ya que, las impurezas son higroscópicas y propensas al ataque de polillas, mohos y bacterias, las que aceleran el deterioro de granos almacenados.

3.7.2.3. Selección mecánica de semilla de quinua

La semilla producida en las diferentes partes de la panoja varía de tamaño, por lo que la semilla obtenida en una misma planta no es uniforme, por esta razón es

necesario realizar la selección empleando tamices apropiados para obtener granos grandes con un diámetro igual o mayor a 2,4 mm es indispensable para mejorar la emergencia de las plántulas y la uniformidad de madurez fisiológica en el momento de la cosecha (Aroni *et al.*, 2009).

Según PROINPA (2005) en una misma panoja existe cuatro tamaños de grano, que oscilan entre:

- a) Mayores a 2,5 mm
- b) Entre 2 mm – 2,5 mm
- c) Entre 1,5 mm a 2 mm
- d) Menores a 1,5 mm

Esta diferencia de tamaño en la semilla, trae como consecuencia una germinación desigual, heterogénea en el crecimiento y desarrollo de la planta, como es la floración, madurez fisiológica y cosecha, siendo más notorio en el momento de la cosecha al no existir una maduración uniforme, razón para que los agricultores arranquen la quinua durante la cosecha.

3.8. Características del grano de quinua

La quinua presenta ventajas a comparación con otros granos, ya que tiene más proteínas, con aminoácidos esenciales de calidad, en el arroz por ejemplo la pérdida de proteínas es mayor perdiendo 17% de proteínas de alta calidad, la quinua al ser beneficiada donde pierde la capa seminal externa compuesta por saponinas, fibra, flavonoides y pobre en cuanto a proteínas, el grano de quinua gana un 6% de peso relativo en proteínas, debido a que en otros granos como el arroz la proteína se encuentra en el exterior del grano (Martínez, 2014).

Álvarez y Rütte (2011) infieren sobre el contenido de proteínas, que no dependen de la presencia de saponina, por lo cual la posibilidad de obtener grano de alta proteína es similar en quinuas dulces y amargas, entre los genotipos ya disponibles.

Por su gran contenido en lisina y arginina, la quinua promueve el desarrollo y crecimiento de bebés y niños, repara los tejidos y soluciona varias patologías neuronales. Por su ácido graso oleico, linoleico y omega 3, promueve el adecuado desarrollo neuronal y es útil en la prevención de la inflamación, patologías reumatoideas, cáncer, esclerosis, diabetes y otras (Tapia, 2001).

Carrillo (1992) citado por Mujica *et al.* (2004) menciona que el embrión de la quinua está formado por dos cotiledones y la radícula que constituye el 30% del volumen total de la semilla el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320 grados, es de color amarillento y mide 3,54 mm de longitud y 0,36 mm de ancho.

Gandarillas (1982) indica que la semilla es el fruto maduro sin el perigonio (Figura 2), el episperma, se encuentra bajo el pericarpio, que cubre al embrión, formado por dos cotiledones y la radícula envolviendo al perisperma en forma de anillo. El perisperma, de color blanco, presenta la sustancia de reserva constituido mayormente por granos de almidón, el embrión constituye la mayor proporción de la semilla 25%, mientras que en los cereales corresponde solo el 1%; de allí el alto valor nutritivo de la quinua.

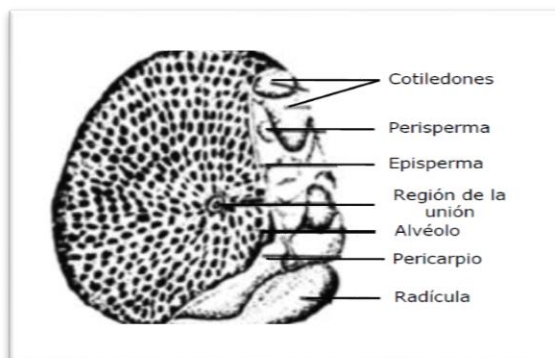


Figura 2. Estructura anatómica del grano de quinua (Gandarillas, 1982).

El grano de quinua tiene casi todos los minerales a nivel superior que los otros cereales, lo más destacable es su alto contenido de hierro con excelente disponibilidad biológica para el ser humano, dos veces más alto que el trigo, tres veces más alto que el arroz y llega casi al nivel de fréjol (Gonzales y Moya, 2004).

3.8.1. Saponinas

La saponina se concentra en la parte externa del grano o más propiamente en el pericarpio, previo al consumo, la saponina debe ser removida mediante métodos apropiados (ANDEAN PRODUCTS, 2007), sin embargo Figueroa (2008) aclara que debido a la toxicidad diferencial de la saponina en varios organismos, se ha investigado sobre su utilización como potente insecticida natural que no genera efectos adversos en el hombre o en animales grandes, destacando su potencial para el uso en programas integrados de control de plagas.

La presencia de este factor anti nutricional ha conducido a la producción genética de variedades dulces, con contenidos de 0,001 a 0,12% de saponinas, siendo el mismo el nivel más alto aceptable para el consumo humano de la quinua, se ha constatado que estas variedades dulces se encuentran carentes de factores de protección contra microorganismos, insectos y aves, es muy difícil mantener su pureza varietal y brindan, en general, rendimientos bajos, de granos pequeños (Quiroga y Escalera, 2010).

La saponina puede ser encontrada en el pericarpio de varias especies tales como quinua, alfalfa y soya, es fácilmente identificada por la producción de espuma jabonosa en contacto con el agua, estas saponinas son solubles en agua, soluble en alcohol metílico y etílico e insoluble en solventes orgánicos (Johnson y Ward, 1993 citado por Rubio, 2005).

3.8.2. Gránulo de almidón

Romo *et al.* (2006) indican que la quinua se denomina pseudocereal por su alto contenido de carbohidratos, principalmente de almidón (50 – 60%) que hace apto para emplear como cereal, el mismo se presenta en gránulos pequeños, en el perisperma, cerca de 20% de amilosa, y gelatiniza entre 55 y 65°C. los azúcares libres llegan al 6,2%, fibra insoluble se cuantificó en 5,31% y la soluble en 2,49%; sin embargo, normalmente su grasa es más alta y su proteína mayor.

El proceso mediante el cual los gránulos de almidón que son insolubles en agua fría debido a su estructura altamente organizada, se calientan (60-70°C) absorbiendo lentamente el agua en zonas intermicelares amorfas, comenzando a hincharse aumentando de volumen, a este rango de temperatura se le conoce como rango de gelatinización por otra parte hay también una extracción de la amilosa que es liberada quedando en una dispersión coloidal donde los gránulos intactos están en suspensión (Raimondo, 2015).

La mayoría de nutrientes el almidón se concentra a expensas de la disminución de otros componentes nutricionales, registrándose un valor de 74,12% en el grano expandido, durante el proceso ocurren cambios en la estructura del almidón, incrementando el área superficial, volumen fase sólida, hay una modificación de la cristalinidad del almidón por defecto de la gelatinización, gelación y rompimiento de las cadenas de amilasa y amilopectina (Villacrés *et al.*, 2011).

Huang y Rooney (2001) citados por Calderón y Guarachi (2009) infieren sobre la intensidad de gelación del almidón que depende de la temperatura y el contenido de humedad, es irreversible, inicialmente aumenta de tamaño de los gránulos y produce un incremento en la viscosidad de la suspensión, varía con las condiciones de cocción y con el tipo de gránulo de almidón, donde el hinchamiento inicial probablemente se lleva a cabo en las regiones amorfas del gránulo, donde los polímeros son más susceptibles a la disociación.

3.8.3. Forma del grano

Quiroga y Escalera (2010) mencionan que los granos de quinua tienen formas diferentes: cónicos, cilíndricos y elipsoidales, tamaños por debajo de 2,6 milímetros de diámetro. Se puede identificar el endospermo (cotiledones y radícula), el perisperma (granos de almidón) y el epispermo (capas externas que recubren la semilla). Por otra parte, Rojas y Pinto (2013) presentan cuatro formas de grano en quinua como se muestra en la figura 3.

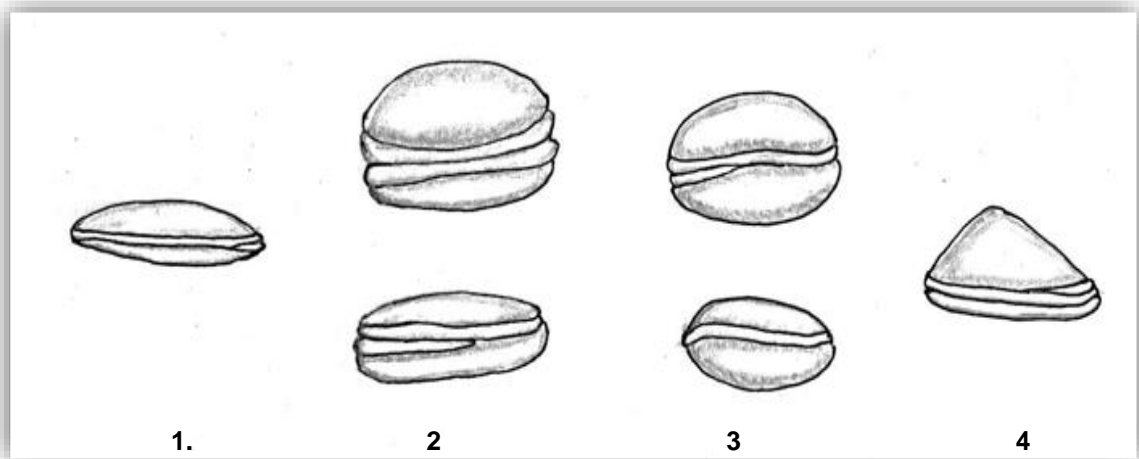


Figura 3. Formas de grano en quinua: 1 lenticular, 2 cilíndrica, 3 elipsoidal y 4 cónica (Rojas y Pinto, 2013).

3.8.4. Tamaño del grano

Bonifacio *et al.* (2006) destacan que el tamaño de grano de la quinua o granulometría puede ser determinado mediante filtros, haciendo pasar por mallas de distintos diámetros de entramado a modo de coladores, tamices que separan el grano. Sin embargo, para la medición más exacta se utiliza un granulómetro láser, cuyo rayo difracta las partículas para poder determinar su tamaño.

Aliaga (2007), señala que los granos medianos de quinua son comprados por algunos intermediarios que acopian el producto para luego venderlo a las agroindustrias que tienen alta demanda del producto 600 toneladas/año quienes

transforman en hojuelas, harinas y grano perlado, por otra parte Bonifacio *et al.* (2013) señalan que el grano de variedades mejoradas y seleccionadas es aceptado en el mercado por ser de tamaño igual o mayor a la quinua real además de tener ventajas frente a otras variedades que son susceptibles al mildiu o que tienen grano pequeño.

3.8.5. Características físicas

Según NOP (s.f.) la quinua presenta algunas especificaciones técnicas de las características físicas que deben tener la quinua orgánica para poder ser comercializadas se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características físicas de quinua orgánica.

PROPIEDADES	BLANCA	ROJA	NEGRA
Variedad	Blanca/Rosada Junín Blanca July, Sajama	Pasancalla	Coico
Color de inflorescencia	Rojo / Rosado / verde	Rojo	Negro
Apariencia	Grano pequeño Redondo Semi Aplanado		
Color del grano	Crema	Rojo	Negro
Olor	Característico del producto		
Humedad	13,5% Max		
Saponina	Ausencia	< 0,01 %	< 0,01 %

Fuente: NOP, s.f. Programa Nacional Orgánico.

3.8.6. Peso hectolítrico

Reynaga *et al.* (2011) señalan que el peso hectolítrico de los granos de quinua se ve afectado por los siguientes parámetros:

- La gravedad específica individual de los granos de quinua.
- Contenido de humedad, la presencia de agua hace que los granos se hinchen reduciendo de esta forma la cantidad de granos que puedan entrar dentro de un cilindro ensayo, cuanto más humedad tenga el grano, más bajo será el

peso hectolítrico (el agua posee una gravedad específica más baja que la del grano).

- Forma del grano: cuanto más espacio existan entre granos, menor será el peso hectolítrico.
- Espesor de la corteza del perispermo (la gravedad específica de la corteza o afrecho).
- Porcentaje de impurezas, muchas impurezas pequeñas livianas disminuyen el peso hectolítrico, dado que estas impiden que los granos sean agrupados en forma compacta.

3.9. Industrialización

Según la FAO y ALADI (2014), la industrialización de la quinua inicia con la transformación primaria, concentrándose en la molienda del grano y la preparación para ser consumido directamente como harina o ser utilizada como insumo, para pequeñas y medianas empresas. Por su parte las empresas que acopian, benefician, industrializan y comercializan la quinua orgánica o convencional, se articulan directamente con los que comercializan el producto a su destino final, nacional o internacional.

Aroni *et al.* (2009) afirman que la agroindustria alimentaria recientemente ha tomado importancia, proporcionando valor agregado de calidad a los subproductos de la quinua, con tecnología apropiada para el proceso, además de la determinación del uso de cada variedad de quinua.

3.10. Alternativas de procesamiento industrial

Previo al proceso de transformación, se realiza el beneficiado que a escala industrial conlleva la siguiente secuencia de pasos: remoción de impurezas (piedrecillas, ramas, pajas, heces de aves y ratones), escarificación de quinua preclasificada para

remover parcialmente el episperma, para lo cual la quinua se lava con centrífuga seca, el nivel de humedad final es menor al 13,5% (Quiroga y Escalera, 2010).

Villacrés *et al.* (2011) aseveran que la transformación del grano permite un mejor aprovechamiento de sus cualidades nutritivas, mejora la disponibilidad de nutrientes, la facilidad de preparación y la presentación de los productos, Potenciando su valor como alimento, a partir del grano es posible obtener: expandidos, granolas, barras energéticas, harina, leche, hojuelas, extruidos, almidones, colorantes, saponina, germinados y otros, debido a la ausencia de gluten facilita su utilización en preparación de alimentos para personas celiacas.

Según ANDEAN PRODUCTS (2007) la agroindustria de la quinua presenta escasa participación en la producción nacional, para el año 2001, la producción de quinua alcanza a 2,2% del PIB agrícola de Bolivia, sin embargo, la producción de quinua tiene trascendencia social y económica porque los productores son pequeños, pobres y trabajan frente a riesgos de inseguridad de cosecha.

El proceso de expansión tradicional es la elaboración de tostado o “pisankalla” de quinua, empleando variedades de usos específicos para este propósito; una de ellas es la variedad “pisankalla” que es de grano café, especial para pop de quinua. En la expansión mediante el uso del cañón tostador alcanza altas presiones y temperaturas, la descompresión el cambio brusco de temperatura provoca la expansión sin importar el tipo de grano o variedad (ANDEAN PRODUCTS, 2007).

Jacobsen *et al.* (2003) señalan que existe un uso específico y característico para cada genotipo de la gran variabilidad genética, aquellos adecuados para tostado no podrán utilizarse con las mismas ventajas y características para la elaboración de fideos, así como las variedades harineras no podrán usarse eficientemente para las sopas. Considerando lo mencionado ANAPQUI (2013) presenta algunos ecotipos con diversidad de aptitudes nutricionales y agroindustriales de la quinua real como ser:

- **Chullpi amapola:** presenta alto contenido de proteína y grasa. El almidón y la amilosa son ideales para la elaboración de jugos de quinua.
- **Chillpi rosada:** alto contenido de proteína, almidón, calcio y hierro. Tamaño de gránulo de almidón pequeño, alto contenido de azúcares reductores, puede usarse para elaboración de malteados, apis y mazamoras.
- **Pisankalla:** alto contenido de proteína y fibra con granulo de almidón pequeño, bajo contenido en saponina, apto para pipocas también pastas gluten free por los índices óptimos de solubilidad y absorción en cocido.
- **Pandela rosada precoz:** posee aptitud para la elaboración de hojuelas.
- **Puñete:** mayor contenido de proteína y fibra, bajo en contenido de grasa apto para hojuelas y harinas de repostería.

3.10.1. Expandidos de quinua

Según NOP (s.f.), el pop de quinua como en el amaranto constituye los productos alimenticios del desayuno, es encontrado como suplementos nutricionales con una variedad de productos como galletas y barras energéticas, entre otras.

3.10.1.1. Proceso de expandido

El calentamiento a presión del grano humedecido dentro de un artefacto llamado “cañón esponjador”, obteniendo como resultado la expansión brusca de los granos y expulsión de la humedad interna en forma de vapor lo que provoca su expandido que es un producto ligero y de buen volumen que puede ser saborizado o endulzado (NOP, s.f.).

Lezcano (2013) aclara que teóricamente el valor biológico de la proteína puede disminuir mediante el proceso de tostado, donde los granos de la quinua adquieren

una coloración marrón que es producto de la reacción de Maillard, y que se deben precisar los perfiles de aminoácidos de la variedad, para determinar el valor nutricional del grano.

Alcocer (2009) indica que los granos de quinua una vez beneficiados, deben acondicionarse con una humedad de 15%, y un tiempo adecuado de reposo para alcanzar su volumen máximo, el reposo garantiza un expandido homogéneo, de lo contrario se quemarán al entrar al cañón esponjador.

3.10.1.2. Índice de expansión

El índice de expansión refleja el volumen incrementado, una vez obtenido las pipocas de quinua, donde la humedad ejerce un efecto notable, obteniendo un mejor resultado con 17% de humedad, mientras que la presión de descarga no influye sobre el volumen expandido, algunas variedades no son aptas para el proceso, debido a la diferente proporción de amilosa: amilopectina y menor diámetro de gránulo (Egas *et al.*, 2010).

3.10.1.3. Descripción

El expandido de quinua es un producto recomendado en caso de intolerancia a las harinas de trigo, avena, cebada o centeno. Contiene los aminoácidos esenciales para la alimentación humana, puede suplir a la leche y huevos si se sigue una dieta vegetariana, ya que fortalece la memoria, facilitando el aprendizaje. El cuadro 3, presenta las características físicas que el pop de quinua o insuflado de quinua debe tener una vez procesado, para poder ser comercializado (NOP, s.f.)

Cuadro 3. Características del expandido de quinua

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Apariencia	Grano esférico poroso
Color	Blanco a crema
Sabor y olor	Característico
Humedad	7,0 %
Saponina	Ausencia

Fuente: NOP, s.f. Programa Nacional Orgánico.

Las pipocas de quinua expandidas deben homogenizarse, separando los granos reventados, granos quemados y otras irregularidades del producto, para ello se conecta la salida del túnel de expansión a una zaranda que pueda seleccionar los granos malos de los buenos (Alcocer, 2009).

3.10.2. Laminado de quinua

La hojuela de quinua es un producto de fácil cocción y buena versatilidad de uso, obtenido de la compresión de granos de quinua entre dos rodillos de giro convergente. Las hojuelas de quinua son laminillas de color y sabor agradable, altamente nutritivas ya que no contiene gluten, alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales, buen equilibrio a nivel de amino ácidos, alto contenido de lisina y contenido de ácidos grasos y fibra dietética (NOP, s.f.).

Alcocer (2009), señala que las hojuelas son producto del proceso laminado de granos de quinua, que pasan por los rodillos una vez acondicionados, la humedad no debe exceder a 16% de humedad, cuando la humedad es mayor al pasar por los rodillos, forman una masa compacta, de lo contrario, es decir, si los granos son muy secos, da como resultado harina, determinando el espesor con la apertura de rodillos.

3.10.2.1. Proceso

El proceso de laminado para la obtención hojuelas se realiza con máquinas especiales compuesta de dos rodillos cilíndricos, los granos de quinua previamente lavados y secados son seleccionados por tamaño y llevados a una etapa de acondicionamiento en húmedo posteriormente son laminados por medio de dos rodillos de giro convergente y pasados a una etapa de secado para su estabilización, finalmente son embolsados, almacenados y despachados para su comercialización (Mujica *et al.*, 2006).

3.10.2.2. Descripción

Las hojuelas de quinua son láminas circulares u ovaladas de color blanquecino o crema, cuyo espesor varía entre 0,1 a 0,5 milímetros, tienen una contextura y apariencia similar a las hojuelas de avena “Quaker” su principal sustituto, el cuadro 4 presenta las características físicas de las hojuelas (NOP, s.f.).

Cuadro 4. Características de calidad en laminado de quinua.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Apariencia	Laminas delgadas y curvadas
Color	Blanco a blanco cremoso
Sabor y olor	Característico
Humedad	9,0% máxima
Saponina	Ausencia

Fuente: NOP, s.f. Programa Nacional Orgánico.

Las hojuelas de quinua deben presentar las mejores características para poder ser comercializados, los parámetros máximos permitidos en hojuelas de quinua se observan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Parámetros máximos permitidos en hojuelas de quinua

HOJUELAS DE QUINUA	
Diámetro	3 mm Ø – 5 mm Ø
Espesor	0,2 mm – 0,4 mm
Material extraño	Ausente

Fuente: NOP, s.f. Programa Nacional Orgánico.

En Argentina la distribución de los productos derivados de la quinua y el amaranto se realiza a través de comercios minoristas conocidos como “dietéticas”, en ferias regionales y en grandes cadenas de hipermercados, así por ejemplo la empresa AMS Group International distribuye sus barras en los *shops* de los aeropuertos nacionales e internacionales, a través de una página web donde los consumidores pueden encontrar puntos de venta más cercanos (Lezcano, 2013).

4. LOCALIZACIÓN

El trabajo de investigación se realizó en predios del Centro Experimental K'iphak'iphani dependiente de la fundación PROINPA situado a 2 km del Municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz (figura 4). La localidad de trabajo se encuentra en la zona de transición entre el Altiplano Central y Norte, está situada geográficamente a de 16°40'27,19" latitud sur; y 68°17'58,1" de longitud oeste y una altitud de 3873 m.s.n.m.

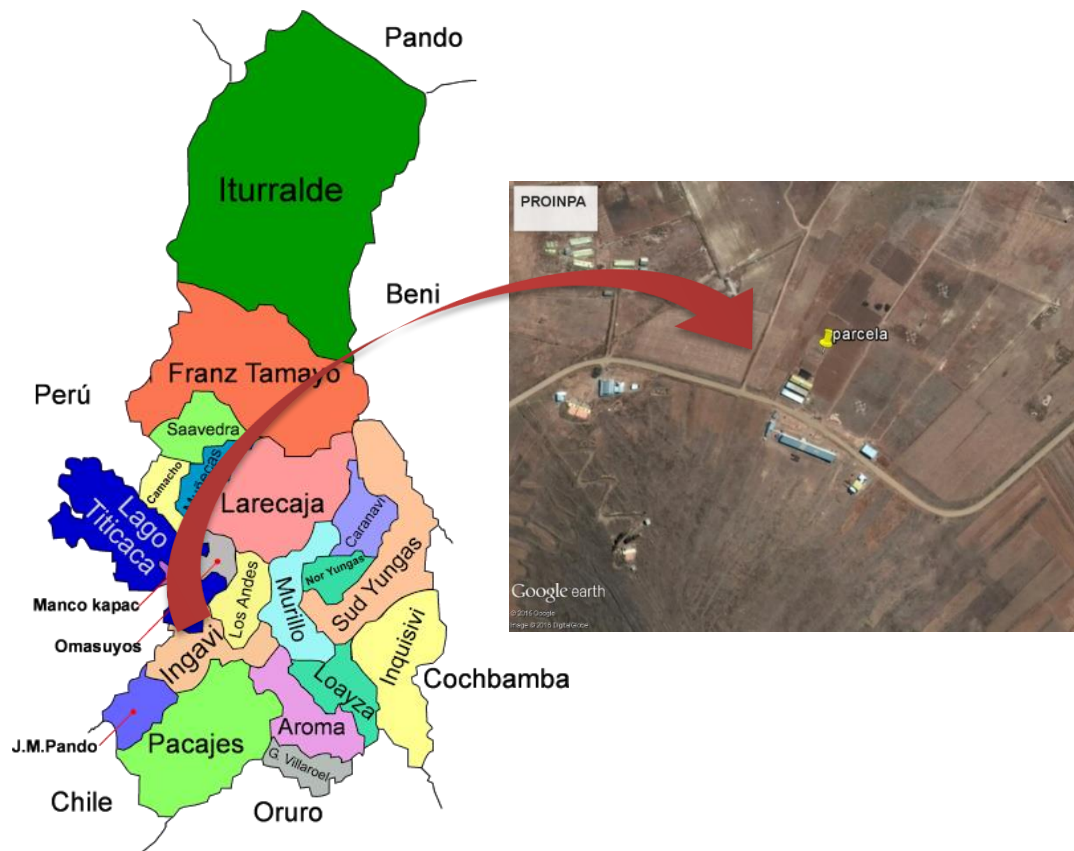


Figura 4. Mapa de la ubicación geográfica de “K'iphak'iphani”

La fundación PROINPA mantiene un germoplasma de quinua, tubérculos andinos y otros, continuando con colectas de semillas silvestres cuyo potencial radica en la variabilidad de adaptación; en sus instalaciones en “K'iphak'iphani” donde los trabajos de conservación, mejoramiento y producción de semilla son constantes, que contribuye al conocimiento mediante la investigación científica.

4.1. Características generales de la zona de estudio

4.1.1. Clima

K'iphak'iphani se caracteriza por tener clima frío con vientos predominantes, con una precipitación media anual de 625 mm, de la misma el 60% corresponde a los meses de diciembre a marzo, el 40% de abril a noviembre. La temperatura promedio anual tiende a variar de 10 a 11°C en verano, con promedio mínimo anual de 5,6°C en el invierno. Las heladas se presentan con mayor frecuencia en la época de invierno.

4.1.2. Fisiografía

K'iphak'iphani presenta un paisaje de planicie, con una pendiente de 0,56% de micro relieve liso, ondulación muy ligera, con un drenaje externo moderado y con drenaje interno moderadamente lento.

4.1.3. Suelos

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

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material biológico

El material utilizado para el trabajo de investigación estuvo integrado por 12 líneas de quinua de grano café (material genético proveniente de la Fundación PROINPA) seleccionadas por la resistencia al mildiu (*Peronospora variabilis*), en el cuadro 6 se puede apreciar las características que presenta el mismo. Este material fue evaluado por caracteres agronómicos bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con 3 bloques.

Cuadro 6. Características del material genético

Tratamientos	Registro	Genotipo	Color de grano
1	L-PSKA	r ^P r ^P GG dd	Café
2	L-BLHB	r ^P r ^P GG dd	Café
3	L-118	rr GG dd	Café
4	L-P	r ^P r ^P GG dd	Café
5	L- 12(85)	rr GG DD	Café
6	L-6(01)	rr GG dd	Café
7	L-GO	rr GG DD	Café
8	L-35(02)	rr GG DD	Café
9	L-33(02)	r ^P r ^P GG DD	Café
10	L-M389	rr GG dd	Negro
11	L-CAR/2/	RRGGDD	Café
12	L-6(12)	-----	Café

Dónde:

Color de planta:

rr = Verde
r^Pr^P = Púrpura
RR = Rojo

Inflorescencia

GG = Glomerulado
gg = amarantiforme

saponina

dd = Dulce
DD = Amargo

5.1.2. Materiales de campo

Los materiales de campo empleados fueron: marbetes, lonas, zarandas de quinua, bañadores, bolsas, marcadores, flexómetro, balanza de precisión, cámara fotográfica y libreta de campo.

5.1.3. Materiales y equipos de laboratorio

Entre los materiales de laboratorio que se utilizaron son: balanzas de precisión, probeta graduada de 10 ml, calibrador de grano, embudo, cajas Petri de vidrio, marcadores, papel absorbente, agua destilada, piseta, termómetro, tubos de ensayo, cocina a gas, olla de barro “jiukiña”, vasos desechables, lonas, bañadores, Vernier digital, bolsitas de polietileno, laminadora de rodillos y un equipo para medir la humedad del grano.

5.2. Metodología

5.2.1. Procedimiento experimental

La presente investigación fue evaluada en sus caracteres inherentes a la cosecha y post cosecha, asimismo la presentación de la metodología está dividida en tres fases: en la primera fase se procedió a tomar datos para las variables de cosecha, posteriormente se prosiguió con la evaluación de calidad en granos de quinua roja según los objetivos planteados, por último, la evaluación del expandido y laminado de quinua.

5.2.2. Diseño experimental

Para el estudio se utilizaron doce líneas de quinua roja distribuidas bajo el diseño de bloques completamente al azar, con 3 bloques, cuyo factor de bloqueo fue la pendiente.

5.2.3. Modelo lineal aditivo

Cochran y Cox (1988), indican que cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el siguiente modelo para el diseño de bloques completos al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Una observación

μ : Media poblacional

τ_i : Efecto del tratamiento

β_j : Efecto del bloque

ε_{ij} : Error experimental de la parcela mayor

5.2.3.1. Croquis de la parcela experimental

El ensayo de genotipos de quinua roja, cultivado a campo abierto, presentó las siguientes características en cuanto a disposición en el terreno (figura 5) para su mejor evaluación:

Unidad experimental:	6 m ²
Distancia entre surco:	0,5 m
No de surcos:	4 m lineales
Distancia entre bloques:	0,5 m
Área total del ensayo:	305,3 m ²

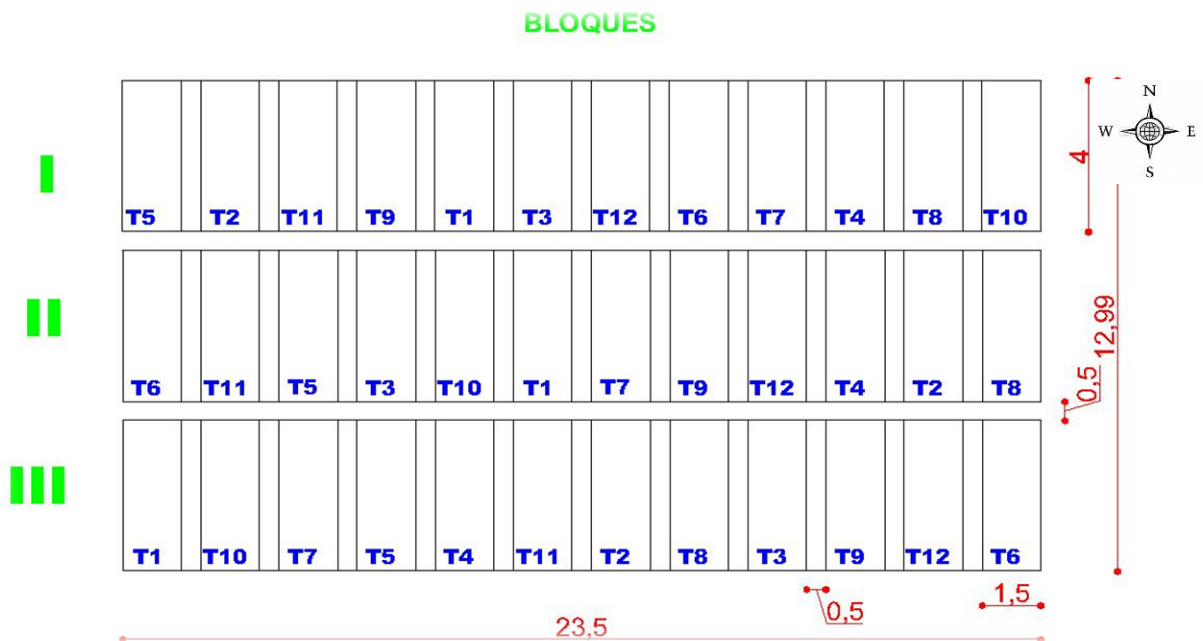


Figura 5. Croquis de la parcela experimental en predios de “PROINPA”

5.3. Trabajo de campo

La investigación inició a partir de la madurez fisiológica de la planta, dando énfasis a las variables de la post cosecha, se identificó 12 genotipos cosechados, agrupados en bloques y bordura por separado, asegurando marbetes de identificación, organizando los mismos para su mejor evaluación.

5.3.1. Identificación y registro de genotipos

Las plantas cosechadas fueron secadas exponiéndolas al sol, una vez secadas se procedió a reportar datos de pesos totales de la parcela útil, posteriormente se realizó la selección del material, eliminando las plantas atípicas que no correspondan a la línea, de diferente color para mantener la pureza del color de grano café y por último se seleccionó 10 plantas individuales para evaluar las variables cuantitativas como ser peso y altura de planta, diámetro y longitud de panoja.

Bonifacio y López (2013) constataron que durante el proceso de selección existe segregación para el color de planta, incluso para presencia o ausencia de saponina, por otra parte, señalan que algunas líneas son más estables que otras, lo que se aprovecha para realizar la selección de líneas más sobresalientes.

5.3.2. Trilla y venteo

La trilla de la quinua se realizó a campo abierto, se extendieron varias lonas acomodando las plantas para separar la parcela útil y la bordura, se las dejó secar al sol para reducir la humedad del grano y se determinó el punto de desgrane (14% de humedad aproximadamente) presionando los glomérulos de la panoja con las yemas de los dedos para obtener granos de quinua reparados del perigonio.

Las panojas a punto de desgrane fueron envueltas en lonas y acomodadas hacia el centro, a una distancia adecuada a la trocha de la camioneta para facilitar el trillado con pases consecutivos hasta que los granos se desprendan por completo, posteriormente se utilizaron zarandas de quinua para separar la broza del grano y por último se realizó el venteado para eliminar el “jipi” empleando la venteadora mecánica.

5.3.3. Registro de pesos

Una vez obtenido el grano limpio y propiamente embolsado, se registró el peso de la parcela útil y de la bordura, para esto se utilizó una balanza de precisión, continuando con la organización del material genético.

Asimismo, se realizó la trilla y venteo de las plantas individuales seleccionadas en base a criterios de tamaño de grano, forma de panoja, tamaño y diámetro de panoja. Esta actividad, permitió selección en plantas individuales con mejores características.

5.4. Variables de respuesta

5.4.1. Evaluación de las variables cuantitativas en la cosecha

Para la evaluación de las variables cuantitativas en cosecha se tomaron datos de altura de la planta, con una cinta métrica desde la base del cuello hasta el ápice de panoja en plantas fisiológicamente maduras; asimismo, se evaluó el diámetro y longitud de panoja (anexo 4), como se describe a continuación.

- **Altura de planta:** para la evaluación de altura de planta, se procedió a tomar una muestra de diez plantas por bloque, las mismas obtenidas de la cosecha en fase de madurez fisiológica.
- **Longitud de panoja:** se midió en centímetros desde la base de la panoja hasta el ápice con un flexómetro, esto se realizó en diez plantas en la fase de maduración fisiológica.
- **Diámetro de panoja:** el diámetro de panoja se midió en el medio tercio de la misma, en las plantas con un vernier digital.
- **Peso de planta.** Se registró el peso correspondiente a plantas individuales sin raíces, es decir panoja, tallo y hojas.

5.4.2. Determinación del índice de cosecha y rendimiento

El índice de cosecha y rendimiento se determinó después de la trilla y venteo, los datos tomados en cuenta fueron: peso de planta seca y peso de grano seco limpio, con sus respectivos marbetes de cada unidad experimental de la parcela útil (3m lineales), mediante la siguiente relación:

$$IC = \frac{\textit{Peso seco del grano}}{\textit{Peso de la planta}}$$

El rendimiento obtenido por parcelas, fueron estandarizados a kg/ha, para lo cual se utilizó el peso de grano limpio.

5.4.3. Categorización de grano por tamaño

Las categorías de grano fueron diferenciadas mediante un calibrador adaptado para grano de quinua en función a su diámetro según la norma IBNORCA, donde se presentan 4 clases como se puede apreciar en el cuadro 7; previo a lo anterior se realizó una limpieza y pesado del grano, para esto se tomó una muestra de 100 g de quinua por bloque (anexo 5). Las diferentes categorías obtenidas fueron llevadas a proporciones para cada línea.

Cuadro 7. Determinación de tamaño de los granos de quinua en función a su diámetro promedio

Clase	Tamaño de los granos	Diámetro promedio de los granos, expresados en mm	Tamaño de malla
Especial	Extra grande	Mayores a 2,0	85% retenido en la malla ASTM 10
Primera	Grandes	Entre 2,0 a 1,70	85% retenido en la malla ASTM 12
Segunda	Medianos	Entre 1,70 a 1,40	85% retenido en la malla ASTM 14
Tercera	Pequeños	Menores a 1,40	

Fuente: IBNORCA (2002) NB312004.

5.4.4. Determinación de peso hectolítrico

El peso hectolítrico se determinó de acuerdo al calibre de grano, es decir por separado para grano grande, mediano y pequeño, obtenido en líneas de quinua; para ello se utilizó una probeta de 10 ml como unidad constante de volumen para ser pesado en una balanza con tres dígitos de precisión, se registró el volumen y el peso del grano de quinua, que fue convertido a kg/hl (kilogramo/hectolitro). Cabe

señalar que los granos de quinua se vertieron a la probeta utilizando un embudo con la misma velocidad de caída para todos.

5.4.5. Determinación de la calidad de semilla

Esta variable indica el estado en que se encuentran los granos de quinua roja, parámetro que se evaluó en sus diferentes categorías de grano, mediante el porcentaje de germinación con la siguiente relación:

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número de semillas ensayadas}}$$

Este parámetro fue evaluado en laboratorio donde se prepararon las cajas Petri con papel secante a manera de sustrato, se preparó 50 semillas representativas por bloque que fueron distribuidas en las cajas Petri con sus respectivos datos, posteriormente se procedió a humedecer las semillas de quinua con una piseta evitando excesos, véase en el anexo 6.

Se registraron los datos de germinación a las 12, 24 y 36 horas después de la hidratación, tomando en cuenta la temperatura máxima y mínima por día, las cuales obtuvieron su mayor porcentaje de germinación a las 24 horas. La prueba fue realizada adoptando el diseño completamente al azar con tres repeticiones.

5.4.6. Evaluación de calidad de grano para expandido y laminado.

5.4.6.1. Proceso de expandido en quinua roja

El proceso de expandido se realizó mediante el método artesanal, para la evaluación de esta variable, debido a que la quinua procesada con el cañón esponjador para obtención de pipocas, presenta mayor disminución de proteína y pérdida de materia

grasa después del proceso de expandido, en eco tipos evaluados por Calderón y Guarachi (2009).

5.4.6.1.1. Acondicionamiento

Se prepararon diez muestras de cada genotipo de quinua para el proceso de expandido, en bolsitas de polipropeno con 10 ml de quinua sin beneficiar para cada muestra, estas fueron lavadas individualmente antes de la hidratación o acondicionamiento.

El acondicionamiento consiste en proporcionar la humedad adecuada a los granos de quinua para la obtención de un mayor volumen expandido, motivo por el cual se realizó un previo ensayo para determinar el tiempo de remojo adecuado para las líneas de quinua, que fueron envueltas en servilletas para ser sumergidas en agua, con 1, 1½ y 2 horas de remojo, en vasos con agua (anexo 7). El índice de absorción de agua varía en ecotipos de quinua real, que esta relacionada con el tamaño y forma del gránulo de almidón (Imberly *et al.*, 1988 mencionado por Calderón y Guarachi, 2009).

5.4.6.1.2. Expandido de quinua

Los granos de quinua ya hidratados fueron secados en sombra superficialmente (oreados), por 10 minutos, de tal manera que al ser tocados con la yema de los dedos, no se pegan, al mismo tiempo se procedió a calentar la olla de barro o jiuquina; finalmente se vertió la muestra de quinua acondicionada a la olla precalentada, removiendolo con una vara envuelta con tela de algodón en un extremo, en forma de cabeza de fosforo, se realizó el tostado evitando pérdidas, debido a que los granos tienden a reventar con fuerza hacia el exterior de la olla; posteriormente se registró el volumen y pesos del expandido de quinua (producto final), para la evaluación de los datos.

5.4.6.2. Proceso de laminado en quinua

El proceso de laminado inició con el beneficiado de la quinua, ya que el producto obtenido debe ser libre de saponina (anexo 8); las muestras fueron lavadas manualmente con abundante agua fría, friccionándolas para eliminar la saponina del grano hasta que desaparezca la espuma, secadas al sol y posteriormente embolsadas.

5.4.6.2.1. Acondicionado

Se prepararon cinco muestras de 100 gramos de quinua por cada genotipo, se realizó con la primera muestra un ensayo previo para determinar la cantidad adecuada de agua para 100 g de quinua, ya que los granos de quinua presentan un pericarpio más duro a comparación de la quinua blanca; se acondicionaron los granos con 9 ml de agua, sin embargo se pudo apreciar en los diferentes genotipos que la cantidad de agua para el acondicionamiento varía ya que algunos genotipos requieren mayor de agua, por otra parte si esta excede el proceso da como resultado una masa de color gris, el masajeado debe ser suave para incorporar agua al grano.

5.4.6.2.2. Laminado

Para la determinación de la humedad se utilizó un equipo ajustado para medir el contenido de humedad en granos, con una muestra aproximada de 100 gramos, la misma que influye bastante en la calidad del producto, cuando la humedad sobre pasó al 25%, resultó del proceso una masa pastosa de color oscuro (anexo 9).

Posterior al acondicionado de la quinua, se encendió la hojueladora compuesta por dos rodillos los que aplastan o presionan, se dejó caer los granos de quinua poco a poco manualmente en la tolva, se ajustó la misma para obtener un espesor adecuado; se repitió el proceso con las muestras ya preparadas, y se obtuvo donde

se tiene como resultado hojuelas con formas ovaladas y circulares, según la forma del grano.

5.4.6.2.3. Secado y tamizado

Para el secado de hojuelas se prosiguió a colocar en mesones del laboratorio los respectivos recipientes, para que las mismas disminuyan la humedad en sombra, se mantuvo las hojuelas por dos días sin tapar, una vez secas, se continuó con la toma de datos y por último se realizó el tamizado para separar la sémola que es la porción menuda (anexo 10), cuando la quinua no es apta para el proceso de laminado tiende a desmenuzarse; se embolsaron por separado hojuelas enteras y sémola. Finalmente se tomó datos de espesor y el diámetro de hojuelas en milímetros, con un vernier digital, estas se presentaron en formas circulares y ovaladas, para el caso de hojuelas irregulares se promedió ancho y largo de hojuela.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en el proceso de investigación se agruparon en dos: variables cuantitativas en la cosecha y variables comerciales propuestos para los genotipos evaluados.

6.1. Resultados de variables cuantitativas en la cosecha

6.1.1. Altura de planta

El análisis de varianza (ANVA) del cuadro 8, muestra que existen diferencias significativas para la altura de planta en genotipos de quinua roja, presentando diferencias no significativas para bloques, el coeficiente de variación (CV) fue de 8,7% que indica la confiabilidad de los datos según Cochran y Cox (1988), el porte de la planta fue erecta y sin ramificación en el tallo principal en todos los genotipos estudiados.

Cuadro 8. Análisis de varianza para altura de planta.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Bloques	2	87,66	43,83	0,68	0,519 ns
Genotipos	11	1981,05	180,1	2,78	0,020 *
Error	22	1427,14	64,87		
Total	35	3495,85			
Media	97,10				
CV (%)	8,7				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

El cuadro 9, muestra tres grupos de medias similares, destacándose la línea L-BLHB, que se encuentra en el grupo “a” de Duncan con una altura de planta de 109 cm, la línea que presentó menor altura fue L-GO con 83,67 cm correspondiente al grupo “c” de Duncan.

Cuadro 9. Prueba de Duncan para altura de planta

Líneas	Desviación estándar	Media (cm)	Duncan
L-BLHB (T2)	7,55	109,00	a
L-PSKA (T1)	9,61	101,03	ab
L-M389 (T10)	6,58	98,60	abc
L-P (T4)	16,5	96,73	abc
L-35(02) (T8)	6,17	95,53	abc
L-CAR/2/ (T11)	4,09	94,07	abc
L-6(01) (T6)	0,68	94,03	abc
L- 12(85) (T5)	6,4	86,93	bc
L-6(12) (T12)	9,96	86,33	bc
L-33(02) (T9)	4,72	85,40	bc
L-118 (T3)	8,47	85,27	bc
L-GO (T7)	4,24	83,67	c

Las diferencias de altura de planta expuestas anteriormente, se deben al material genético de las líneas evaluadas seleccionadas por su resistencia al mildiu, esta variación también está relacionada con la fenología del cultivo (véase anexo 1); las plantas de la línea L-BLHB que desarrollaron mayor altura llegaron a la madurez fisiológica a los 160 días, por el contrario, a los 142 días (en la madurez fisiológica), la línea L-GO desarrolló menor altura de planta.

Mujica *et al.* (2004) mencionan que la quinua es erguida y alcanza alturas variables desde 30 a 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos; para el caso de quinuas del altiplano norte se presentan alturas de hasta 105 cm de altura debido al ambiente que presenta la misma.

Gabriel *et al.* (2013) demostraron que las plantas con menor altura poseen panojas pequeñas con menor diámetro, menor rendimiento y mayor susceptibilidad al mildiu

y del mismo modo, las plantas más altas tuvieron mayor longitud y diámetro de panoja, mayor diámetro de tallo, mayor rendimiento y resistencia al mildiu.

6.1.2. Diámetro de panoja

El análisis de varianza (cuadro 10) para el diámetro de panoja en líneas de quinua roja, indica que existen diferencias altamente significativas entre líneas y diferencias no significativas para bloques, el coeficiente de variación es 11% que indica la confiabilidad de los datos estudiados.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el diámetro de panoja

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Bloques	2	0,131	0,065	0,460	0,638 ns
Genotipos	11	9,444	0,858	6,000	0,001 **
Error	22	3,147	0,143		
Total	35	12,722			
Media	3,44				
CV (%)	11				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

Para el diámetro de panoja en genotipos evaluados en la presente investigación se registró un promedio de 3,44 cm de diámetro de panoja. Bonifacio *et al.* (2012) reportan valores de diámetro de panoja en quinua negra de 4,72 cm y en quinua de variedad *phisanqalla* amarantiforme con grano de color café 5,58 cm de diámetro de panoja.

La prueba Duncan del cuadro 11 muestra cuatro grupos de similitud para diámetro de panoja, la línea L-BLHB sobresale, encontrándose en el grupo “a” de Duncan con 4,65 cm para la longitud de panoja, las líneas L-118, L-GO y L-33(02) obtuvieron diámetro menor a 3,6 cm constituyendo el grupo “d” de Duncan. Por su parte Bonifacio y López (2013) resaltan que en la quinua el diámetro de tallo está asociado con el vigor de la planta.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para diámetro de panoja.

Líneas	Desviación estándar	Media (cm)	Duncan
L-BLHB (T2)	0,05	4,65	a
L-PSKA (T1)	0,10	4,10	ab
L-P (T4)	0,48	3,69	bc
L- 12(85) (T5)	0,28	3,58	bcd
L-35(02) (T8)	0,26	3,52	bcd
L-CAR/2/ (T11)	0,46	3,40	bcd
L-6(01) (T6)	0,46	3,32	cd
L-6(12) (T12)	0,55	3,27	cd
L-M389 (T10)	0,44	3,02	cd
L-118 (T3)	0,36	2,90	d
L-GO (T7)	0,26	2,88	d
L-33(02) (T9)	0,34	2,87	d

La variación en el diámetro de panoja en líneas de quinua es característica propia de las líneas, es decir, del material genético tal como se puede evidenciar en el anexo 2, el desarrollo de la altura de planta está directamente relacionado con el diámetro de panoja, donde la línea L-BLHB presentó 109 cm de altura de planta con mayor diámetro de panoja, las líneas L-118, L-GO y L-33(02) con alturas de 85, 83 y 85 cm respectivamente formaron diámetro menor a 2,90 cm, esto revela que la precocidad del cultivo afecta negativamente al desarrollo de altura de planta.

Alanoca y Mamani (2013), evaluaron quinua en Patacamaya donde la variedad Blanquita registró 4,71 cm diámetro de panoja, y superó a la variedad Aynoca y Horizontes con valores de 4,43 y 4,09 cm respectivamente, no obstante Huanca (2008) registró valores de 2,8 y 3,6 cm en líneas precoces evaluadas en Viacha, encontrando mayor diámetro en líneas con mayor precocidad.

Los promedios de diámetro de panoja se diferencian entre líneas de quinua roja, siendo el de mayor diámetro el genotipo 2; por otra parte la inflorescencia racimosa denominada panoja puede ser suelta o compacta, lo que influye en el rendimiento que es mayor cuando esta compacta (Mujica, 2004).

6.1.3. Longitud de panoja

En el análisis de varianza (cuadro 12) para la longitud de panoja, las líneas presentan diferencias estadísticas altamente significativas, y no significativas para bloques. El coeficiente de variación fue 15%.

Cuadro 12. Análisis de varianza para longitud de panoja

Fuente de variación	GL	SC	MS	Fc	P
Bloques	2	17,220	8,610	1,190	0,322 ns
Genotipos	11	526,795	47,890	6,630	0,001 **
Error	22	158,801	7,218		
Total	35	702,817			
Media	17,81				
CV (%)	15				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

El cuadro 13, representa la prueba de Duncan para longitud de panoja, exponiendo cuatro grupos de promedios similares, donde la línea L-BLHB registró mayor longitud de panoja con 26,77 cm y de mayor diámetro de panoja 4,65 cm, parámetros relacionados con el rendimiento; por otra parte, la línea L-118 con 12,53 cm se encuentra en el grupo “d” de Duncan con plantas que desarrollaron menor longitud de panoja.

Cuadro 13. Prueba de Duncan para longitud de panoja

Genotipos	Desviación estándar	Media (cm)	Duncan
L-BLHB (T2)	2,63	26,77	a
L-CAR/2/ (T11)	2,60	21,80	ab
L-35(02) (T8)	2,00	21,07	ab
L-PSKA (T1)	1,9	19,30	ab
L-6(01) (T6)	1,54	17,88	abc
L-M389 (T10)	3,80	17,00	abcd
L- 12(85) (T5)	2,69	16,73	abcd
L-6(12) (T12)	4,9	16,73	abcd
L-P (T4)	1,83	16,60	abcd
L-GO (T7)	2,08	13,73	cd
L-33(02) (T9)	1,51	13,70	cd
L-118 (T3)	2,89	12,53	d

La longitud y diámetro de panoja varía en las líneas evaluadas, el promedio de la longitud de panoja fue de 17,81 cm, caracteres que se atribuyen al material genético y no al medio ambiente, estas variables de respuesta permiten dimensionar el volumen de la panoja, que a su vez refleja la cantidad de grano producido por la planta directamente relacionado con el rendimiento, sin embargo, influye también el tipo de inflorescencia si en compacta o laxa.

Bonifacio y López (2013) evaluaron líneas de grano café donde la línea L-747/M/ sobresalió con 24,8 cm de longitud de panoja, con relación a esta variable Alanoca (2014), registró como mínimo 20 cm en quinquas de corta longitud de panoja y 58 cm en plantas que desarrollaron mayor altura.

Bonifacio *et al.* (2012) dan a conocer alturas de planta en la madurez fisiológica correspondiente a la variedad *Phisanqalla*, con longitud de panoja de 18 cm en color de panoja mixtura bicolor café rojiza y rosado pálido.

6.1.4. Rendimiento

El cuadro 14, presenta el análisis de varianza para el rendimiento, en el cual no se identificaron diferencias significativas entre genotipos y bloques; el coeficiente de variación de 24,4% indica el grado de confiabilidad de los datos que se encuentra dentro del rango permisible.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el rendimiento.

Fuente de variación	GL	SC	MS	Fc	P
Bloques	2	1570113	785056	2,780	0,084 ns
Genotipos	11	3671029	333730	1,180	0,352 ns
Error	22	6202201	281918		
Total	35	11443			
Media	2 179				
CV (%)	24,4				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

El rendimiento en líneas de quinua puntualiza diferencias no significativas para genotipos y bloques, las líneas de quinua roja que superaron el rendimiento promedio de 2179 kg/ha fueron 2, 6, 7, 9 y 8 con rendimientos de 2715, 2659, 2511, 2449 y 2,192 kg/ha respectivamente, a simple vista existen diferencias entre líneas (anexo 2), sin embargo, no presenta diferencias estadísticas; cabe señalar que este parámetro de evaluación posiblemente fue influenciado por la pérdida de grano en el emparvado, eliminación de plantas atípicas en campo en el proceso de purificación varietal, descartando ataque de aves y ratones.

Estudios previos realizados en quinua de grano café y negro para rendimiento de grano y broza (Bonifacio y López, 2013), muestran que existe amplio rango de variación alcanzando 1642, 1634, 1546, 1439 y 1424 kg/ha y líneas de bajos rendimientos, variando entre 810 a 891 kg/ha.

6.1.5. Índice de cosecha

El cuadro 15, presenta el análisis de varianza para el índice de cosecha en líneas de quinua roja, se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre líneas, y no significativas para el efecto del bloque. El coeficiente de variación fue de 14% valor inferior al 30%, por lo que los datos son confiables.

Cuadro 15. Análisis de varianza para índice de cosecha

Fuente de variación	GL	SC	MS	Fc	P
Bloques	2	0,003618	0,001809	0,55	0,583 ns
Genotipos	11	0,106437	0,009676	2,96	0,015 *
Error	22	0,071929	0,00327		
Total	35	0,181984			
Media	0,398				
CV (%)	14				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

Bonifacio y López (2013), demuestran que los valores más altos obtenidos en el índice de cosecha, es decir con mayor eficiencia para formar grano en quinua de color café fueron de 0,3755 a 0,466; cuanto menor índice de cosecha la planta produce más broza que grano. Los genotipos evaluados manifestaron mayor índice de cosecha, mostrando diferencias en la capacidad para transformar grano entre líneas, que se atribuyen al material genético.

El cuadro 16, presenta la prueba de medias similares de Duncan, agrupándose en cuatro, la línea L-GO con 0,48 destacó mayor índice de cosecha ya que se encuentra en el grupo "a" de Duncan, y la línea L-PSKA evidenció menor índice diferenciándose en el último grupo "d" que obtuvo 0,29 de índice de cosecha, es decir, las plantas llegaron a formar menos cantidad de grano en la panoja.

Cuadro 16. Prueba de Duncan para índice de cosecha.

Genotipo	Desviación estándar	Media (IC)	Duncan
L-GO (T7)	0,05	0,4789	a
L-6(12) (T12)	0,01	0,4670	ab
L-6(01) (T6)	0,13	0,4518	ab
L-35(02) (T8)	0,07	0,4389	ab
L-118 (T3)	0,01	0,4248	abc
L-33(02) (T9)	0,06	0,3976	abcd
L-CAR/2/ (T11)	0,01	0,3880	abcd
L- 12(85) (T5)	0,05	0,3791	abcd
L-BLHB (T2)	0,09	0,3747	abcd
L-P (T4)	0,04	0,3615	bcd
L-M389 (T10)	0,02	0,3275	cd
L-PSKA (T1)	0,08	0,2904	d

Los promedios correspondientes al índice de cosecha ilustran diferencias entre líneas, que permitirán realizar selección con fines de mejoramiento ya que en su mayoría poseen un elevado índice de cosecha lo que influye en el rendimiento como la línea L-GO con un índice de 0,48 que a su vez contrastó con un rendimiento de 2511 kg/ha a nivel de parcela experimental.

6.1.6. Días a la madurez fisiológica

Las plantas de quinua cosechadas, una vez alcanzadas la madurez fisiológica, permiten diferenciar variedades semi precoces y tardías (anexo 1), presentando diferencias en el número de días al cual llegaron a madurez; esta etapa es importante para la evaluación de algunos parámetros como la altura de planta.

6.2. Resultados de variables comerciales en la post cosecha

Las líneas de quinua roja fueron evaluadas en sus variables comerciales, determinando la calidad de cada línea, años atrás los criterios tomados en cuenta eran en base a tamaño y color del grano, hoy en día la quinua es apreciada por sus cualidades nutricionales y por sus aptitudes para la agroindustria.

Reynaga *et al.* (2011) concluyeron que las características físicas del grano de quinua como tamaño, diámetro, peso, color, etc., dependen de la zona de procedencia además de las prácticas agronómicas y del manejo de post cosecha como el trillado, donde es importante la técnica del trillado para mejorar el rendimiento de los granos enteros y sanos.

6.2.1. Categorías de grano según calibre

6.2.1.1. Tamaño de grano grande

El cuadro 17, presenta el análisis de varianza para tamaño de grano grande, este se encuentra entre 2,0 a 1,70 mm donde se determinó que existen diferencias altamente significativas entre líneas y no significativos para bloques; el coeficiente de variación es menor al 30% reflejando un buen manejo.

Cuadro 17. Análisis de varianza para el porcentaje de tamaño grande

Fuente de variación	GL	SC	MS	Fc	P
Bloques	2	8,9338	4,46694444	0,21297	0,8098ns
Genotipos	11	8886,8031	807,891187	38,51886	0,0001**
Error	22	461,4261	20,9739141		
Total	35				
CV (%)	21,02				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

El cuadro 18, muestra la prueba de comparación múltiple de Duncan para tamaño de grano grande, que permite visualizar cuatro grupos bien definidos siendo las líneas 3, 8 y 5 las que desarrollaron mayor porcentaje de grano de tamaño grande ubicándose en el grupo “a” de Duncan, las líneas que desarrollaron menor porcentaje de tamaño grande fueron 1, 4, 7 y 2 dentro del grupo “c” de Duncan, los genotipos 10 de grano negro y 11 de grano café, no formaron grano grande.

Cuadro 18. Comparación de medias Duncan de porcentaje de tamaño grande

Genotipos	Desviación estándar	Media (%TG)	Duncan
L-118 (T3)	9,9	46,37	a
L-35(02) (T8)	2,76	45,90	a
L- 12(85) (T5)	1,42	40,53	a
L-33(02) (T9)	8,69	29,83	b
L-6(12) (T12)	0,79	25,50	b
L-6(01) (T6)	3,76	25,00	b
L-PSKA (T1)	0,95	13,50	c
L-P (T4)	3,69	13,27	c
L-GO (T7)	1,78	11,97	c
L-BLHB (2)	4,40	9,57	c
L-CAR/2/ (T11)	----	0	d
L-M389 (T10)	----	0	d

El grano grande es apreciado en el mercado y comercializado como quinua perlada, de los resultados obtenidos, podemos destacar la variación entre líneas de quinua roja, de los valores más altos a simple vista resaltan solo 3 genotipos que presentan grano grande mayor al 40%, además todos los genotipos mostraron ausencia de grano de categoría extra grande.

Los tamaños se relacionan con el periodo de llenado de grano, puesto que presentaron varios tamaños en una sola panoja, se clasificó los genotipos de quinua

roja calibrados en función a su diámetro mediante un calibrador de grano adaptado para quinua, según la norma boliviana NB 312004, cabe señalar que se determinó las categorías antes del beneficiado.

El tamaño del grano, que en realidad es un fruto, varía de 1,5 a 2,4 milímetros, la mayor concentración de quinuas de grano grande se encuentra en la parte sur del Altiplano boliviano, donde se la cultiva con el nombre de quinua Real (Gandarillas, 1967).

La semilla producida en las diferentes partes de la panoja varía de tamaño, por lo que la semilla obtenida en una misma planta no es uniforme, por esta razón es necesario realizar la selección mecánica, empleando tamices apropiados para obtener granos grandes con un diámetro igual o mayor a 2,4 mm este método es aplicado especialmente por los productores que comercializan semilla (Aroni *et al.*, 2009).

6.2.1.2. Tamaño de grano mediano

El cuadro 19, presenta el ANVA para tamaño de grano mediano en líneas de quinua roja observándose alta significancia entre los tratamientos estudiados y diferencias no significativas para bloques, el coeficiente de variación es 7,13% que indica la confiabilidad de los datos.

Cuadro 19. Análisis de varianza para tamaño de grano mediano.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Bloques	2	16,055	8,027	0,330	0,7222 ns
Genotipos	11	7595,354	690,487	28,417	0,0001 **
Error	22	534,558	24,298		
Total	35				
CV (%)	7,13				

CV=Coficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

La comparación de medias Duncan (cuadro 20) para tamaño de grano mediano permite diferenciar cuatro grupos de similitud destacándose en el grupo “a” las líneas 11, 7, 2, 1 y 4 con valores de 90,9%; 83,5%; 82,4%; 82,4% y 82,2% respectivamente, por el contrario, la línea 8 presentó menor porcentaje de grano mediano, debido a que el mismo presenta mayor porcentaje de grano grande correspondiente al grupo “d” de Duncan.

Cuadro 20. Prueba de Duncan para el tamaño de grano mediano

Genotipos	Desviación estándar	Media (%TMed)	Duncan
L-CAR/2/ (T11)	5,20	90,90	a
L-GO (T7)	1,88	83,56	a
L-BLHB (T2)	2,97	82,43	a
L-PSKA (T1)	0,59	82,43	a
L-P (T4)	4,08	82,23	a
L-6(12) (T12)	0,67	69,96	b
L-6(01) (T6)	4,00	68,60	b
L-33(02) (T9)	12,40	64,06	bc
L- 12(85) (T5)	1,77	56,26	cd
L-118 (T3)	9,90	51,00	d
L-M389 (T10)	3,12	50,10	d
L-35(02) (T8)	2,45	48,13	d

Tal como se ha visto, la mayoría de líneas presentan proporciones de grano mediano mayores al 50%, las líneas que exhibieron menor porcentaje fueron L-118, L-M389 y L-35(02) con valores que van desde 56 hasta 48%; por otra parte la proporción de grano pequeño en promedio fue de 5,3%, que corresponde a granos vacíos que no completaron su desarrollo y granos llenos pero de menor tamaño (sin valor comercial), sin embargo, las líneas 10 y 11 registraron 49,9 y 9,1% de grano

pequeño, siendo la primera de color negro y la segunda de color café con tono rosado, que a comparación de las demás formaron granos elipsoidales.

6.2.2. Peso hectolítrico y su relación con el tamaño de grano

6.2.2.1. Peso hectolítrico para grano de tamaño grande

El cuadro 21 refleja el ANVA para el peso hectolítrico, se identificó diferencias estadísticas altamente significativas entre líneas, mostrando no significancia para bloques, con un coeficiente de variación de 0,7% valor excelente que indica la confiabilidad de los datos. Bonifacio y López (2013) determinaron el peso hectolítrico de grano rojo y negro, donde los valores más altos obtenidos fueron granos medianos, pequeños y granos duros.

Cuadro 21. Análisis de varianza para peso hectolítrico de grano grande.

Fuente de variación	GL	SC	MS	Fc	P
Bloques	2	0,65	0,32	1,63	0,219ns
Genotipos	11	25594,74	2326,79	11715,91	0,001**
Error	22	4,37	0,20		
Total	35	25599,76			
Media	71,27				
CV (%)	0,75				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

Según la Cámara Nacional de la Industria Molinera del trigo (2006) el peso hectolítrico refleja la calidad física del grano, debido a que es una buena estimación de calidad para la industria molinera. Importante porque cuanto más sano es el grano, es decir con menor cantidad de impurezas, sin granos dañados o quebrados, chuzos, picados y otros, mayor será la proporción de almidón en el grano y mejor será la separación del endospermo del resto del grano.

El cuadro 22, presenta la prueba de similitud de Duncan para el peso hectolítrico en tamaño de grano grande, se distinguen cuatro grupos diferenciados, donde la línea L-PSKA con 72,55 hl/kg se destaca en el grupo “a” de Duncan, la línea L-35(02) con 70,48 hl/kg se encuentra en el grupo “d” de Duncan.

Cuadro 22. Prueba de medias Duncan para peso hectolítrico de grano grande.

Genotipos	Desviación estándar	Media (kg-hl)	Duncan
L-PSKA (T1)	0,33	72,55	a
L-GO (T7)	0,26	71,98	ab
L-6(12) (T12)	0,16	71,93	bc
L- 12(85) (T5)	0,41	71,65	bc
L-33(02) (T9)	0,25	71,62	bc
L-6(01) (T6)	0,41	71,56	bc
L-P (T4)	0,20	71,27	bcd
L-118 (T3)	0,31	71,23	bcd
L-BLHB (T2)	1,10	71,07	cd
L-35(02) (T8)	0,71	70,48	d
L-M389 (T10)	---	---	
L-CAR/2/ (T11)	---	---	

La diferencia del peso hectolítrico en grano grande indica la variabilidad en la calidad en los granos, este parámetro además permite evaluar la densidad del grano, cuando es mayor, la probabilidad de encontrar granos dañados por alguna plaga es muy baja, las líneas evaluadas no presentaron grano dañados ni quebrados, por esa razón la diferencia en peso hectolítrico se debe a la densidad de los mismos, y el rango de pesos se encuentra entre 72,55 y 70,48 kg/hl.

6.2.2.2. Peso hectolítrico para tamaño de grano mediano

El análisis de varianza (cuadro 23) para el peso hectolítrico en grano mediano, presenta diferencias altamente significativas para líneas y no significativas para el efecto de bloques. El coeficiente de variación fue de 1,1% que revela la confiabilidad de los datos evaluados.

Cuadro 23. Análisis de varianza para el peso hectolítrico en grano mediano

Fuente de variación	GL	SC	MS	Fc	P
Bloques	2	0,4332	0,2166	0,36	0,699 ns
Genotipos	11	77,2988	7,0272	11,77	0,001 **
Error	22	13,1314	0,5969		
Total	35	90,863300			
Media	73.13				
CV (%)	1,1				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

La prueba de medias similares de Duncan (cuadro 24) para el peso hectolítrico de grano mediano ilustra 6 grupos de medias similares, categorizando en el grupo “a” de Duncan a la línea L-BLHB con mayor peso hectolitrito de grano mediano, y la línea L-CAR/2/ con 70,10 hl/kg con menor valor encontrándose en el grupo “g”.

Cuadro 24. Prueba de medias Duncan para el peso hectolítrico en grano mediano.

Genotipos	Desviación estándar	Media (kg-hl)	Duncan
L-BLHB (T2)	1,68	75,73	a
L-GO (T7)	0,38	75,17	ab
L-PSKA (T1)	1,41	74,25	bc
L- 12(85) (T5)	0,36	73,80	bcd
L-M389 (T10)	0,38	73,38	cde
L-33(02) (T9)	0,67	73,20	cdef
L-6(01) (T6)	0,56	73,08	cdef
L-6(12) (T12)	0,28	72,65	def
L-35(02) (T8)	0,15	72,43	def
L-P (T4)	0,78	72,00	ef
L-118 (T3)	2,83	71,77	f
L-CAR/2/ (T11)	0,96	70,10	g

En el peso hectolítrico para grano mediano en líneas de quinua se puede apreciar amplia variación, que va de 75,73 a 70,10 kg/hl, además de evidenciar mayor peso hectolítrico en comparación al grano grande como se mostró anteriormente, lo que propone mayor calidad en grano mediano, esta diferencia en grano mediano y grande, en las mismas líneas, se da porque el grano mediano presenta mayor densidad que el grano grande.

Reynaga *et al.* (2011) aclaran que para corroborar valores de peso hectolítrico en quinuas provenientes del altiplano sur, se mide la densidad aparente de los granos, así también observaron 7,3% más de densidad aparente para los granos provenientes del Altiplano Sur con relación a los granos de quinua del Altiplano Norte.

De la misma manera Calderón y Guarachi (2009) evaluaron el peso hectolítrico en ecotipos de quinua, registrando en quinua ajara (negra) un valor de 68,38 kg/hl en grano mediano a pequeño y Pisankalla con 73,01 kg/hl. Padilla (2013) trabajo con promotores de crecimiento en quinua, y señala que el *Biobacillus* más abonamiento obtuvo el mayor promedio de peso hectolítrico que fue de 72,6 kg/hl.

6.3. Calidad de semilla por categorías de grano

6.3.1. Porcentaje de germinación en grano grande

De acuerdo al análisis de varianza del cuadro 25, para evaluar la calidad de semilla según la categoría de grano, se determinó que no existen diferencias estadísticas entre líneas y bloques para la germinación de grano grande, el coeficiente de variación fue de 6,2%, valor que está dentro del rango aceptable para experimentos desarrollados en laboratorio.

Cuadro 25. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en grano grande

Fuente de variación	GL	SC	MS	Fc	P
Bloques	2	48,01	24,01	0,69	0,484 ns
Genotipos	10	548,67	54,87	1,58	0,195 ns
Error	17	589,62	34,68		
Total	29	1173,47			
Media	94,97				
CV (%)	6,2				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

El porcentaje de germinación reporta el estado en que se encuentran los granos de quinua en calidad de semilla, parámetro registrado a las 24 horas después de la hidratación, de esta manera también se pudo evidenciar granos enteros en todos los genotipos evaluados, es decir sin granos partidos. La germinación de la categoría de grano grande con diámetros de 2,0 a 1,7 mm no mostró diferencias

entre líneas, debido a que los granos grandes de quinua almacenan mayor cantidad de nutrientes, lo que influye positivamente en el desarrollo de la radícula de la semilla en las líneas de quinua, presentando un promedio general del 94,97% germinación.

En la actualidad los productores realizan la selección de semilla solamente en forma fenotípica en un 95%, y no así la selección mecánica con el uso de zarandas para discriminar tamaños, que es indispensable para mejorar la emergencia, expresado en grosor de la raíz en las plántulas en campo y la uniformidad de madurez fisiológica al momento de la cosecha (Aroni *et al.*, 2009)

6.3.2. Porcentaje de germinación en grano mediano

En el análisis de varianza para el porcentaje de germinación a las 24 horas como se puede apreciar en el cuadro 26, se deduce que existen diferencias altamente significativas para líneas de grano café, y para bloques no significativas, donde el coeficiente de variación es 10,7% que se encuentra dentro de rango permisible.

Cuadro 26. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en grano mediano

Fuente de variación	GL	SC	MS	Fc	P
Bloques	2	290,4	145,2	1,69	0,207ns
Genotipos	11	3522,07	320,19	3,73	0,004**
Error	22	1887,05	85,78		
Total	35	5699,53			
Media	86,7				
CV (%)	10,7				

CV=Coefficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

La prueba de comparación múltiple de Duncan para el porcentaje de germinación en líneas de quinua roja (cuadro 27) permite formar tres grupos en función a medias

similares, el valor más alto obtenido fue de la línea 10 y 4 situados en el grupo “a” de Duncan que registraron 100% y 98% de germinación respectivamente, la línea 10 presenta grano mediano y pequeño, el promedio más bajo registrado fue el grupo “c” correspondiente a la línea 2 con 63% de germinación.

Cuadro 27. Prueba de medias Duncan para porcentaje de germinación en grano mediano a las 24 horas.

Genotipos		Desviación estándar	Media %GMed24	Duncan
L-M389	(T10)	0	100,00	a
L-P	(T4)	2,00	98,00	a
L-CAR/2/	(T11)	4,62	93,00	ab
L-PSKA	(T1)	8,10	91,27	ab
L-6(01)	(T6)	11,37	90,67	ab
L-6(01)	(T12)	8,17	90,57	ab
L-GO	(T7)	5,25	89,97	ab
L-35(02)	(T8)	11,02	88,67	ab
L- 12(85)	(T5)	9,17	80,00	bc
L-33(02)	(T9)	11,14	78,00	bc
L-118	(T3)	20,87	77,07	bc
L-BLHB	(T2)	3,06	63,33	c

La calidad de semilla respecto al tamaño de grano debe ser tomada en cuenta a la hora de sembrar, donde al utilizar semilla tamizada de grano mediano a grande, el establecimiento del cultivo es más rápido y uniforme, debido a que la quinua al ser de mayor tamaño almacena mayor cantidad de nutrientes que coadyuvan en el proceso de germinación en campo directamente relacionado con la emergencia de las plántulas.

El porcentaje de germinación a las 24 horas en grano mediano plantea diferencias notorias entre líneas, este parámetro advierte sobre la eficiencia de germinación y la uniformidad que presenta la misma. Cabe señalar que todas las líneas superaron el 80% germinación a las 36 horas (cuadro 28), denotando eficiencia en el proceso de germinación de cada línea, viéndose influenciada por la temperatura, revelando así que cuando las condiciones son favorables el tiempo de germinación reduce. En la presente investigación la mínima temperatura registrada en laboratorio para evaluar este parámetro fue de -4°C y la máxima de 22°C la máxima.

Cuadro 28. Porcentaje de germinación a las 24, 36 y 48 horas de la hidratación

Líneas	Germinación grano mediano			Germinación grano grande		
	24 horas	36 horas	48 horas	24 horas	36 horas	48 horas
1	91	100		97	100	
2	63	100		89	100	
3	77	100		94	100	
4	98	100		99	100	
5	80	99	99	88	100	
6	91	98	98	96	92	100
7	90	99	100	99	100	
8	89	99	99	98	100	
9	78	94	97	89	90	96
10	100			95		
11	93	99	99	98	100	
12	91	100		98	100	

Jacobsen y Bach (1998) citado por Bertero (2014), estudiaron la influencia de la temperatura sobre la germinación en un cultivar de origen chileno, donde identificaron una temperatura base de 3°C y una temperatura optima de entre 30 y 35°C , las semillas alcanzaron 100% de germinación en un día, bajo temperatura y humedad adecuada, pues a mayor temperatura se aceleran los procesos.

6.4. Presencia de saponina

La presencia de saponina fue evaluada mediante el método del tubo de ensayo, logrando evidenciar líneas dulces y amargas, así mismo se corroboró este parámetro en el proceso de beneficiado para la obtención de hojuelas, por otra parte. podemos apreciar en el cuadro 29, algunas características de las líneas de quinua.

Cuadro 29. Características del material genético

Líneas	Genotipo	Color de grano Posterior a la trilla	Color de grano después del beneficiado	Presencia de saponina
1	L-PSKA	Café	Café rojizo	Dulce
2	L-BLHB	Café	Café rojizo	Dulce
3	L-118	Café	Café rojizo	Dulce
4	L-P	Café	Café rojizo	Dulce
5	L- 12(85)	Café	Café rojizo	Amargo
6	L-6(01)	Café	Café rojizo	Dulce
7	L-GO	Café	Café rojizo	Amargo
8	L-35(02)	Café	Café rojizo	Amargo
9	L-33(02)	Café amarillento	Café rojizo	Amargo
10	L-M389	Negro	negro	Dulce
11	L-CAR/2/	Café	Café rojizo	Amargo
12	L-6(12)	Café	Café rojizo	Amargo

La quinua posee un alto valor nutricional gracias al elevado contenido de proteínas de excelente calidad, libre de gluten, pero se encuentra recubierto de saponinas, de sabor amargo que debe ser eliminado para consumir el grano, por esta razón las muestras de quinua fueron beneficiadas antes de ser sometidas al proceso de

transformación. Los granos de quinua una vez secos, se pudo observar que, al ser lavado y friccionado, las líneas de quinua perdieron mayor parte del episperma (capa delgada que cubre las semillas).

De los resultados de la prueba de saponina realizados en diez plantas individuales con sus respectivas repeticiones, seleccionadas para la evaluación en las características agronómicas, se pudo evidenciar que las líneas L-PSKA, L-118, L-P y L-M389 presentaron 100% de panojas dulces, la línea L-BLHB reportó al menos un 15% de plantas con grano amargo; por otra parte, las líneas consideradas amargas presentaron en promedio 5% de plantas dulces.

Arroyave y Esguerra (2006) concretan en que todas las quinuas tienen saponina incluso las variedades dulces, ya que se registran cantidades infinitesimales de saponina, por lo que es necesario el proceso de beneficiado, naturalmente el proceso es más simple en quinuas dulces que en las quinuas amargas que requieren mayor consumo de agua y energía.

6.5. Expandido de quinua

El cuadro 30, ilustra las características más sobresalientes del proceso que tuvo mayor éxito en la obtención de quinua expandida, resultado de un ensayo previo, donde se trabajó evaluando la calidad del mismo, evidenciando de esta manera diferencias en el requerimiento de humedad para el acondicionamiento, tiempo de oreo y temperatura, para las líneas evaluadas se estableció una temperatura adecuada constante.

Cuadro 30. Registro de datos sobresalientes para la obtención de expandido de quinua.

Líneas	Volumen inicial (cc)	Peso inicial	Tiempo de remojo y oreo	Volumen final (cc)	Peso final (gr)	Índice de expansión
L-PSKA	10	7,30	2 horas, 10 min	23,50	6,00	2,35
L-BLHB	10	7,60	2 horas, 10 min	26,00	6,40	2,60
L-118	10	7,20	2 horas, 10 min	17,00	6,10	1,70
L-P	10	7,20	1 ½ horas, 10 min	18,00	6,10	1,80
L- 12(85)	10	7,10	1 ½ hora, 10 min	15,00	6,30	1,50
L-6(01)	10	7,40	1 ½ hora, 10 min	14,00	6,20	1,40
L-GO	10	7,40	2 horas, 10 min	23,50	6,40	2,35
L-35(02)	10	7,00	1 ½ hora, 10 min	16,00	6,10	1,60
L-33(02)	10	7,20	2 horas, 10 min	18,60	6,40	1,86
L-M389	10	7,40	2 horas, 10 min	15,50	6,20	1,55
L-CAR/2/	10	7,30	2 horas, 10 min	19,00	6,10	1,90
L-6(12)	10	7,10	1 hora, 10 min	15,70	6,10	1,57

6.5.1. Análisis de varianza para expandido de quinua

El análisis de varianza para el expandido de quinua (cuadro 31), indica que existen diferencias significativas para las líneas evaluadas y sin diferencias para efecto del bloque, con un coeficiente de variación de 5,8%. La variación en el expandido de quinua roja, permite seleccionar líneas sobresalientes con mayor rendimiento y eficiencia al ser procesado el grano.

Cuadro 31. Análisis de varianza para el volumen de expandido

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Bloques	2	0,94	0,47	0,42	0,6646 ns
Genotipos	11	478,04	43,46	38,97	0,0001 **
Error	22	24,54	1,12		
Total	35	503,51			
Media	18.08				
CV (%)	5,85				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

El cuadro 32, presenta la prueba de comparaciones de medias múltiples para el expandido de quinua, donde la línea 2 resalta con 26 cc, la misma se encuentra en el grupo “a” destacada entre las demás por su excelente calidad para el expandido, además de presentar un agradable color y apariencia; la línea 1 del grupo “b” también obtuvo un buen expandido, cabe mencionar que la misma descende de la variedad Pisancalla utilizada en la agroindustria para expandido, por el contrario las líneas 5, 12, 8, 3, 10 y 6 obtuvieron menor volumen con valores inferiores a 16 cc, de esta manera se determinó que acorde a su calidad es inadecuada para este proceso, además de la apariencia, donde los granos no expandidos se quemaron.

Cuadro 32. Prueba de medias Duncan para el volumen expandido

Genotipos	Desviación estándar	Media de volumen (cc)	Duncan
L-BLHB (T2)	0,33	26,39	a
L-PSKA (T1)	2,35	24,07	b
L-GO (T7)	1,17	20,81	c
L-CAR/2/ (T11)	0,77	18,54	d
L-P (T4)	1,00	18,28	de
L-33(02) (T9)	0,51	16,51	ef
L- 12(85) (T5)	0,88	15,81	f
L-6(12) (T12)	1,18	15,78	f
L-35(02) (T8)	0,27	15,73	f
L-118 (T3)	1,42	15,29	f
L-M389 (T10)	0,24	14,97	f
L-6(01) (T6)	0,42	14,79	f

El índice de expansión después del tostado en líneas de quinua roja fue considerado para valorar la calidad de las pipocas, como consecuencia del proceso se deduce que no todos los genotipos tienen el mismo comportamiento al ser tostado, por otra parte, este parámetro indica que el genotipo se puede aprovechar con mayor

eficiencia para el proceso de expandido de la quinua, debido al principal componente de los granos de quínoa (el almidón).

Imberly *et al.* (1988) mencionado por Calderón y Guarachi (2009) señalan que a mayor temperatura de gelatinización en almidones nativos, existe mayor estabilidad interna del grano de almidón, por otro lado reportó que la temperatura de gelatinización en raíces y tubérculos es menor que en cereales ya que el gránulo de almidón absorbe agua rápidamente, fenómeno asociado a menor presencia de amilosa y mayor en regiones cristalinas dentro del gránulo que requiere menos temperatura de calentamiento.

La proteína de la quinua presenta una alta digestibilidad cercana al 80% (Romo *et al.*, 2006). En cuanto al proceso de insuflado Mataix (2002) citado por Villacrés (2011) destacan que se mejora la digestibilidad por efecto de la expansión, incrementándose desde 69 a 98%, desde el punto de vista nutricional un almidón gelatinizado es más digerible que un almidón nativo.

Calderón y Guarachi (2009) señalan que el pericarpio grueso de la quinua silvestre (ajara) influye en el expandido, por tal razón previamente se realizó una prueba preliminar para calibrar la humedad recomendable para los diferentes genotipos, ya que la humedad juega un papel importante para el expandido que se realizó en un tiesto (olla de barro).

6.6. Laminado en quinua

6.6.1. Proporción de hojuelas

La proporción de hojuelas presenta el análisis de varianza del laminado de quinua en reflejado en el cuadro 33, donde se puede observar que existen diferencias altamente significativas para los genotipos, con un coeficiente de variación de 3,54% que se encuentra dentro del rango aceptable para trabajos en laboratorio.

Cuadro 33. Análisis de varianza para proporción de hojuelas

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Bloques	2	3,46	1,73	0,23	0,79 ns
Genotipos	11	2431,52	221,05	29,86	0,0001 **
Error	22	162,84	7,4		
Total	35	2.597,82			
Media	76,78				
CV (%)	3,54				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

El potencial de la quinua para su transformación permite un mejor aprovechamiento por ello la necesidad de evaluar genotipos más apropiados, de mejor presentación, en este caso el laminado de quinua; que fue evaluada en el laboratorio de PROINPA, con materiales a disposición como ser la hojueladora.

Los genotipos evaluados como se puede apreciar en el cuadro 34 son agrupados en cinco medias similares encontrando a los genotipos L-CAR/2/, L-33(02), L-PSKA, L-6(12) y L-118 con valores superiores al 80% de hojuelas enteras, perteneciendo al grupo "a" de Duncan, que poseen buenas características para el mencionado proceso de transformación, siendo las hojuelas de fácil cocción que pueden ser consumido en diferentes presentaciones.

Cuadro 34. Comparación de medias similares Duncan para proporción de hojuelas

Genotipos	Desviación estándar	Media	Duncan
L-CAR/2/ (T11)	5,3	87,73	a
L-33(02) (T9)	1,26	85,73	a
L-PSKA (T1)	1,15	85,42	a
L-6(12) (T12)	4,12	85,29	a
L-118 (T3)	1,97	83,42	a
L-35(02) (T8)	3,81	75,48	b
L-GO (T7)	3,51	74,86	b
L-P (T4)	2,20	74,39	b
L-BLHB (T2)	0,88	71,86	bc
L-M389 (T10)	3,06	68,88	cd
L-6(01) (T6)	2,53	65,36	de
L- 12(85) (T5)	0,89	62,88	e

Este parámetro está asociado con el grado de resquebrajamiento de las hojuelas después del secado, la calidad del laminado fue determinado en el producto final, con un mayor porcentaje de hojuelas enteras y menor cantidad de sémola; cabe destacar que en el proceso también influye la humedad del grano de quinua, por esa razón se determinó anticipadamente la humedad adecuada para laminar después del beneficiado y secado de acuerdo a la línea (23% de humedad promedio), con un acondicionamiento superficial de una mínima cantidad de agua 12 ml para 100 g de quinua.

6.6.2. Proporción de sémola presente en hojuelas

El análisis de varianza del cuadro 35, revela que existen diferencias altamente significativas para líneas respecto a la proporción de sémola presente en hojuelas, con un coeficiente de variación de 11,71%.

Cuadro 35. Análisis de varianza para proporción de sémola en hojuelas

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Bloques	2	3,46	1,73	0,23	0,79 ns
Genotipos	11	2431,52	221,05	29,86	0,0001 **
Error	22	162,84	7,4		
Total	35	2.597,82			
Media	23,23				
CV (%)	11,71				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

El cuadro 36, que contiene los resultados de la prueba de Duncan para proporción de sémola en hojuelas (producto del tamizado), agrupa en 5 promedios de los genotipos, donde el tratamiento 5 presentó mayor proporción de sémola, es decir no presenta buenas características al ser lamiando, por lo que las líneas que presentan la calidad óptima para el laminado fueron los genotipos 3, 12, 1, 9 y 11 del grupo “e” de Duncan.

Cuadro 36. Comparación de medias similares Duncan para proporción de sémola

Genotipos	Desviación estándar	Media	Duncan
L- 12(85) (T5)	0,89	37,12	a
L-6(01) (T6)	2,53	34,64	ab
L-M389 (T10)	3,06	31,12	bc
L-BLHB (T2)	0,88	28,14	cd
L-P (T4)	2,20	25,61	de
L-GO (T7)	3,51	25,14	de
L-35(02) (T8)	3,81	24,52	de
L-118 (T3)	1,97	16,58	e
L-6(12) (T12)	4,12	14,71	e
L-PSKA (T1)	1,15	14,58	e
L-33(02) (T9)	1,29	14,37	e
L-CAR/2/ (T11)	3,21	12,27	e

La sémola que fue obtenida mediante el tamizado, en este proceso se observó que se por lo general el embrión se desprende y pasa a formar parte de la sémola, lo cual disminuye la calidad de las hojuelas de quinua por la pérdida de proteína; el resquebrajamiento de las hojuelas por el manipuleo también llegaron a formar parte de la sémola, en otras palabras el genotipo que presentó menor proporción de sémola es el más adecuado para este proceso agroindustrial ya que se aprovecha con mucha eficiencia las láminas de quinua con menor pérdida de proteína.

6.6.3. Diámetro de hojuelas

Las hojuelas de quinua café presentaron formas de láminas ovaladas de color blanco con manchas café característico del grano, el análisis de varianza para esta variable se despliega en el cuadro 37, con diferencias altamente significativas para genotipos con un coeficiente de variación de 4%.

Cuadro 37. Análisis de varianza para diámetros de hojuelas

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Bloques	2	0,24	0,12	2,30	0,1229 ns
Genotipos	11	8,82	0,80	15,37	0,0001 **
Error	22	1,15	0,05		
Total	35	10,21			
Media	5,71				
CV (%)	4				

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; ns=no significativo

El cuadro 38, expone las medias similares de Duncan para diámetros de hojuelas de quinua, que en algunos casos presentaron forma ovalada, para lo cual se tomó el promedio del largo y ancho de la hojuela; esta medida permite apreciar el tamaño de las hojuelas, si conservan su forma o si se quiebran, parámetro importante para definir su calidad y presentación al mercado, presentando una calidad adecuada los genotipos: L-PSKA, L-CAR/2/, L-6(12) y L-118 encontrándose en el grupo "a" de Duncan con valores superiores a 6 milímetros de diámetro.

Cuadro 38. Comparación de medias Duncan para diámetros de hojuelas

Genotipos	Desviación estándar	Media (mm)	Duncan
L-PSKA (T1)	0,10	6,45	a
L-CAR/2/ (T11)	0,25	6,39	a
L-6(12) (T12)	0,52	6,25	a
L-118 (T3)	0,23	6,21	a
L-33(02) (T9)	0,15	5,74	b
L-35(02) (T8)	0,21	5,74	b
L-P (T4)	0,22	5,71	b
L-6(01) (T6)	0,37	5,44	bc
L-BLHB (T2)	0,12	5,33	bcd
L- 12(85) (T5)	0,07	5,16	cd
L-GO (T7)	0,10	5,15	cd
L-M389 (T10)	0,13	4,95	d

El diámetro de hojuelas fue calibrado en la laminadora para obtener en promedio 20 mm de espesor, la forma de las hojuelas fue influenciado por la forma del grano asimismo el tamaño de las hojuelas por el calibre de grano; las líneas que se encuentran en el grupo “a” de Duncan con mayor diámetro de hojuela tienen mayor porcentaje de grano grande y mediano (anexo 3).

7. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

7.1. Conclusión

De acuerdo a las variables cuantitativas en la cosecha y en la post cosecha de las líneas de quinua roja resistentes al mildiu, se llegaron a las siguientes conclusiones:

En altura de planta para líneas de quinua roja son estadísticamente diferentes donde, los genotipos L-BLHB, L-PSKA, L-M389 y L-35(02) alcanzaron 109, 101, 99 y 96 cm de altura respectivamente.

En cuanto al diámetro y longitud de panoja el genotipo L-BLHB presenta los mayores resultados 4,7 cm y 27 cm respectivamente, siendo los valores más bajos los genotipos L-GO, L-33(02) y L-118 con 13,7; 13,7 y 12,5 cm de longitud de panoja y 2,8; 2,8 y 2,9 cm de diámetro de panoja.

El índice de cosecha reflejó diferencias estadísticas entre genotipos, se determinó que los valores más altos corresponden a L-GO, L-6(12) y L-6(01) con índices de 0,48; 0,47; 0,47 respectivamente.

Los genotipos evaluados no muestran grano extra grande, sin embargo, en relación a grano de tamaño “grande”, se destacan los genotipos L-118, L-35(02) y L- 12(85) alcanzan a 46%, 45% y 40% del peso total.

En las líneas de quinua investigadas, predomina el tamaño mediano de grano, sobresaliendo los genotipos L-CAR/2/ y L-GO con 91 y 84% seguido de L-BLHB, L-PSKA y L-P con un valor de 82% para estos últimos; los genotipos L-M389 y L-CAR/2/ se caracterizan por la ausencia de tamaño de grano extra grande y grande.

La línea L-PSKA con un peso hectolítrico de 72,55 kg/hl es la más sobresaliente para grano grande, asimismo el grano mediano, la misma presentó 74,25 kg/hl, por

su parte L-BLHB alcanzó 75,53 kg/hl en grano mediano y 71,07kg/hl en grano grande, en ambos casos el peso hectolítrico de grano mediano es mayor que el grano grande.

Para el porcentaje de germinación, los genotipos mostraron diferencias estadísticas a las 24 horas de prueba en grano mediano, se destacan L- 12(85), L-33(02), L-118 y L-BLHB con valores inferiores a 80%, cabe mencionar que el genotipo L-M389 de grano color negro, tamaño de grano mediano y pequeño, germinó el 100% pasadas las 24 horas destacando mayor eficiencia de germinación.

Los genotipos de grano grande no presentaron diferencias estadísticas, sin embargo, los valores de germinación son elevados a comparación de grano mediano, esto se debe a la mayor uniformidad en grano grande para todos los genotipos.

Los genotipos considerados dulces por su bajo contenido de saponina, son los genotipos: L-PSKA, L-BLHB, L-118, L-P, L-6(01) y L-M389, asimismo las quinuas amargas son: L- 12(85), L-GO, L-35(02), L-33(02), L-CAR/2/ y L-6(12). No obstante, se observó que los genotipos de quinua amarga presentaron al menos dos plantas dulces y viceversa.

En el expandido de quinua los volúmenes más altos obtenidos, una vez procesados, fueron los genotipos L-BLHB, L-PSKA y L-GO con 26, 24 y 21 cc respectivamente, destacando que este proceso mejora la digestibilidad de grano debido al almidón gelatinizado.

La calidad en laminado de quinua fue determinada por la proporción de hojuelas con respecto a la parte menuda o sémola (destacando la resistencia al resquebrajamiento, ya que al desmenuzarse pasa ser parte de la sémola) y de mayor diámetro que presentan, los genotipos mostraron diferencias estadísticas para ambos casos. Aquellos genotipos con mejor proporción de láminas enteras

son: las líneas L-CAR/2/, L-33(02), L-PSKA, L-6(12) y L-118, obtuvieron mayor a 80% de hojuelas enteras, encontrándose a la línea L- 12(85) con 63% de hojuelas, siendo el resto sémola. Por otra parte, los que presentaron mayor diámetro de hojuelas fueron: L-PSKA, L-CAR/2/, L-6(12) y L-118 con 6,5; 6,4; 6,3 y 6,2 milímetros respectivamente y el espesor de hojuelas en promedio fue de 0,2 milímetros.

7.2. Recomendación

Es necesario incluir en los criterios de selección aptitudes para la agroindustria, cuyos potenciales defieren según la variedad como puede apreciarse en la presente investigación, donde los obtenidos a partir de cruzas muestran variabilidad entre sí, además de que el aprovechamiento de la quinua con fines industriales que fija la demanda de una variedad por ejemplo la calidad molinera y de panificación de una variedad de trigo.

Se recomienda aprovechar en la agroindustria de acuerdo a las cualidades del grano, por ello la necesidad de la evaluación de calidad comercial en el proceso de selección para la posterior liberación de variedades de quinua roja.

Por último, para conocer la calidad de grano procesado, se recomienda determinar el contenido de almidón y sus componentes de amilosa – amilopectina, además de la temperatura de gelatinización.

8. BIBLIOGRAFÍA

ALANOCA, C. 2014. Diversidad morfológica, fenológica y calidad de semilla en ecotipos de quinua, conservadas en comunidad Irpani Altiplano sur. Cochabamba, Bolivia.

ALANOCA, C.; MAMANI, A. 2013. Conservación y manejo de recursos genéticos para la seguridad alimentaria en Bolivia, “Revista científica de investigación” INIAF. Año 1, No 1, Volumen 1. La Paz, Bolivia.

ALCÓCER, E., 2009. Procesos agroindustriales para 10 productos de quinua. Fundación Educación para el Desarrollo – FAUTAPO. Oruro, Bolivia. 51 p.

ALIAGA, S. 2007. Evaluación participativa con enfoque de género sobre los usos, restricciones y oportunidades de la quinua *Chenopodium quinoa* Willd. En seis comunidades del municipio de Sica Sica (Tesis). UMSA, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.

ÁLVAREZ, M.; VON RUTTE, S. 2011. “Quinua hacia su cultivo comercial “Genética Capítulo II, LATINRECO S.A. Quito, Ecuador. 48 p.

ANDEAN PRODUCTS, 2007. El futuro de los productos andinos en la región alta y los valles centrales de los andes, Granos en el área alto Andina de Bolivia, Ecuador y Perú. 34 p.

ANAPQUI (Asociación de productores de quinua). 2013. La quinua real en el Altiplano Sur de Bolivia (Biblioteca de la FAO). 108 p.

ARONI, JC.; CAYOIA, M. Y LAIME, A. 2009. Situación actual al 2008 de la Quinua Real en el Altiplano Sur de Bolivia. Fundación FAUTAPO. 1 ed (mayo 2009). Oruro, Potosí. p. 45.

BONIFACIO, A.; GÓMEZ, L. Y ROJAS, W. 2014. Mejoramiento genético de la quinua y el desarrollo de variedades modernas. Capítulo 2.5: ed. Bazile S. et al.

Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 203-226.

BONIFACIO, A.; QUISPE, R.; OROS, R. 2013. "La reorientación del Proyecto Quinua: Objetivos del mejoramiento y calidad de semilla" Seminario de proyectos: Cdp-9. Puenbo, Ecuador.

BONIFACIO, A. Y LÓPEZ, T. 2013. Selección y evaluación de quinua roja y negra. Avances de Investigaciones Científicas en celebración del año internacional de la quinua. IN: Del Castillo, C y Bosque, H. (Coord. Ed.). Avances de investigaciones científicas en celebración del año internacional de la quinua. Facultad de Agronomía – UMSA. La Paz, Bolivia. p. 22.

BONIFACIO, A.; ARONI, G. Y VILLCA, M. 2012. Catálogo etnobotánico de Quinua real. Copyrinht Fundación PROINPA Cochabamba, Bolivia. p. 123.

BONIFACIO, A.; ALCÓN, M.; MÉNDEZ, V. Y APAZA, R. 2009. Evaluación de la resistencia de la quinua frente a la enfermedad mildiu (Abstract). La Paz, Bolivia. 6p.

BONIFACIO, A.; SARAVIA, R.; Y MUJICA, A. 2006. Agroindustria de la quinua en países andinos. Puno, Perú.

BONIFACIO, A. 2001. Resistencia de quinua al mildiu: Cultivos Andinos. CD ROM/FAO, 2001. Roma, Italia.

BONIFACIO, A. Y SARAVIA, R. 1999. Evaluación de la resistencia al mildiu en quinua. En: Tercer Taller de Preduza en Resistencia Duradera en Cultivos Altos en la Zona Andina. Cochabamba, Bolivia.

BONIFACIO, A.; ALCON, M.; MENDEZ, V. Y APAZA, R. sf. Evaluación de la resistencia frente a la enfermedad del mildiu (abstract). Viacha, La Paz. 6 p.

CALDERÓN, I. Y GUARACHI, A. 2009. Contribución al estudio físico-químico integral de 15 eco tipos y variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con fines agroindustriales (tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad Técnica, Química industrial. La Paz, Bolivia.

CAMACHO, S. 2009. Manual Técnico “Cultivo de Quinoa Orgánica” (en línea). Consultado el 10 abril 2014. Disponible en: <http://www.ecoagricultor.com/wp-content/uploads/2014/05/manual-tecnico-cultivo-de-quinua-quinua-organica.pdf>.

CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA MOLINERA DEL TRIGO, 2006. Informe de calidad de trigo Ciclo Otoño – Invierno 2005 / 2006. (en línea) consultado el 6 julio de 2014. Disponible en: <http://harina.org>.

CEPROBOL. 2007. Quinoa y derivados: Perfil Sectorial. Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos Viceministerio de Relaciones Económicas y Comercio Exterior, La Paz, Bolivia.

COCHRAN, W; COX, G. 1988. Diseños Experimentales. Centro de estadística y calculo Chapingo, Editorial Trillas. México D. F. 238 p.

EGAS, L.; VILLACRÉS, E.; SALAZAR, D.; PERALTA, E. Y RUILOVA, M. 2010. Elaboración de un cereal para desayuno con base a quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) expandida (Revista Tecnológica) Vol. 23. Guaranda, Ecuador. 121 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y ALADI (Asociación Latinoamericana de Integración), 2014. Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinua. Santiago, Chile. 46 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2013. Proyecto SEMILLAS ANDINAS FAO – GCP/RLA/183/SPA HACIA EL AÑO INTERNACIONAL DE LA QUINUA.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011. La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Rev. tec. Santivañez, T. p. 58.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1990. Cultivos Andinos Sub explotados y su Aporte a la Alimentación. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. 1ra edición.

FIGUEREDO, M. 2008. "Proyecto de pre factibilidad para la exportación de Quinoa orgánica al mercado norteamericano" (Tesis de grado), ESCUELA DE COMERCIO EXTERIOR E INTEGRACIÓN. Quito, Ecuador.

FUENTES, F.; MAUGHAN, P. Y JELLEN, E. 2009. Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), (en línea) Universidad Arturo Prat, Casilla 121, Iquique – Chile, disponible en: rancfue@unap.cl Consultado el 5 de agosto de 2014.

GABRIEL, J.; LUNA, N.; VARGAS, A.; MAGNE, J.; ANGULO, A.; LA TORRE, J. Y BONIFACIO, A. 2013. "Caracterización morfológica de 36 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Valle Bajo de Cochabamba, Bolivia", Congreso Científico de la quinua.

GANDARILLAS, A.; SARAVIA, R.; PLATA, G. Y ORTIZ, R. 2014. Principales plagas y enfermedades de la quinua. Capítulo 2.6: ed. Bazile S. et al. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 227-252.

GANDARILLAS, H. 1982. El cultivo de la Quinoa, Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria. La Paz, Bolivia.

GANDARILLAS H. 1979. Genética y origen, cultivos andinos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bogotá, Colombia.

GANDARILLAS, H. 1974. Genética y origen de la quinua. La Paz, Bolivia. Instituto Nacional de Trigo. Boletín Informativo No. 9. p. 20.

GANDARILLAS, H. 1967. Distribución geográfica de quinuas sin saponina y granos grandes. Sayaña 5, 6-8. La Paz, Bolivia.

GÓMEZ, L.; EGUILUZ, A.; FALCONI. 2010. Mejoramiento genético de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) variedad pasankalla empleando inducción de mutaciones {abstract}, INCAGRO.

GONZALES, M. Y MOYA, A. 2004. Producción y comercialización en cogota de hojuelas de quina empacadas (Trabajo de grado). Facultad de Ingeniería Industrial, Bogotá.

GUTIÉRREZ, M. 2013. Determinación del umbral y nivel de daño económico de polilla (*Eurysacca quinoae*) en quinua en la comunidad de Ñacamaya, del Altiplano Central (tesis). La Paz, Bolivia.

HERNÁNDEZ, J. Y LEÓN, J. 1992. Cultivo marginados, otra perspectiva de 1492 Roma, Italia. En CD. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal.

HUANCA, M. 2008. Evaluación del comportamiento agronómico de nueve líneas precoces de quinua (*Chenopodium quinoa* willd.) en el altiplano central provincia ingavi (Pasantía de Grado) UMSA - Facultad de Agronomía, Carrera Técnica Superior Agropecuaria Viacha. La Paz, Bolivia. 72 p.

IBCE (Instituto Boliviano de Comercio Exterior). 2015. Bolivia corre el riesgo de perder liderazgo en producción de quinua. (en línea). Información diaria empresarial. Disponible en: <http://ibce.org.bo/principales-noticias-bolivia/noticias-nacionales-detalle.php?id=50099&idPeriodico=8&fecha=2015-01-19> consultado el 20 julio de 2014.

IBNORCA (INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACION Y CALIDAD). 2002. Quinua Grano Clasificación y requisitos. NB 312004. La Paz, Bolivia. p. 4.

INTERAMSA, S.A. 2014. Fideos de quinua (roja y blanca). Ficha técnica. Disponible en: http://www.agrointeramsa.com/archivos/pastas/Red_pasta_specs.pdf Accedido 5 de abril de 2014.

JACOBSEN, E.; MUJICA, A. Y ORTIZ, R. 2003. La Importancia de los Cultivos Andinos. FERMENTUM - ISSN 0798-3069 - AÑO 13 -14. ENERO – ABRIL. Mérida, Venezuela.

LA RAZÓN, 2014. Oruro lidera la producción de quinua gracias a cuatro factores, tecnología, asimilación de experiencias, cantidad de tierras habilitadas y precios. La Razón – Estados Financieros, 3 de marzo del 2014. La Paz, Bolivia.

LEZCANO, E. 2013. Cadena Quinua y Amaranto. Dirección de Agro alimentos, Área de Sectores Alimentarios, Argentina. p. 25.

MARCONI, J. 2007. Evaluación de métodos de cosecha de quinua *Chenopodium quinoa* Willd (Tesis). Para determinar pérdidas y grado de contaminación del grano comercial: comunidad Sangramaya, provincia Ingavi, La Paz.

MARTÍNEZ, E. 2014. Quinua: aspectos nutricionales del arroz de los incas. Capítulo 3.4. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: centro de estudios avanzados en zonas áridas, CEAZA, FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 331-337.

MUJICA, A.; VIÑAS, O., 2010. El Camino de la Quinua (movimiento Manuela Ramos) Segunda edición, Lima, Perú.

MUJICA, A.; ORTIZ, R.; BONIFACIO, A.; SARAVIA, R.; CORREDOR, G.; ROMERO, A. Y JACOBSEN, S. 2006. Agroindustria de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los países andinos. Proyecto quinua: cultivo multipropósito. INT/01/K1. Perú, Bolivia, Colombia. p. 113.

MUJICA, A.; IZQUIERDO, J. Y JEAN-PIERRE, M. 2004. Origen y descripción de la quinua, Santiago, Chile. p. 20.

NOP, s.f. Programa Nacional Orgánico, Especificaciones Técnicas – Harina de Quinoa, Control Unión Perú.

PADILLA, M. 2013. Evaluación del efecto de promotores de crecimiento en el cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de abonamiento orgánico en el altiplano central (Tesis) Facultad de Agronomía – UMSA

PNUD (Programa de Naciones Unidas Para el Desarrollo). 2011. Tras las Huellas del Cambio Climático en Bolivia (Documento de Reporte Técnico).

PUND (Programa de Naciones Unidas Para el Desarrollo). 2009. Información estadística sobre la producción de quinoa. Línea base productiva La Paz. p. 6.

PROINPA (Fundación Promoción e Investigación de Productos Andinos). 2011. La Quinoa: Cultivo Milenario para Contribuir a la Seguridad Alimentaria Mundial, Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

PROINPA (Fundación Promoción e Investigación de Productos Andinos). 2005. Manejo Agronómico de la Quinoa Orgánica. Módulo 2 (programa de apoyo, cadena quinoa). p. 37.

QUIROGA, C.; ESCALERA, R.; ARONI, G.; BONIFACIO, A.; GONZÁLEZ, J.; VILLCA, M.; SARAVIA, R. Y RUIZ, A., 2014. Procesos tradicionales e innovaciones tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinoa. Capítulo 3.1. “Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 258-293.

QUIROGA, C. Y ESCALERA, R. 2010. Evaluación de la calidad nutricional y morfología del grano de variedades amargas de quinoa beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de leco fluidizado del tipo surtidor. UPB - INVESTIGACION & DESARROLLO 10:23 – 36 (2010). p. 23.

RAIMONDO, D. 2015. “Gelatinización y gelificación del gránulo de almidón en quinoa” consultado el 20 de enero 2015 (en línea) disponible en:

<http://es.slideshare.net/dianaraimondo9/gelatinizacin-y-gelificacin-del-almidn?related=1>

REYNAGA, A.; QUISPE, M.; HUARACHI, A.; CALDERÓN, I.; SOTO, J. Y TORREZ, M. 2011. Caracterización Física – Química de trece ecotipos de quinua real del altiplano sur de Bolivia con fines agroindustriales. Convenio UMSA, Facultad Técnica, Carrera Química Industrial – Cooperación Sueca ASDI/SAREC. La Paz, Bolivia.

ROJAS, W. Y PINTO, M. 2013. La diversidad genética de quinua de Bolivia. Regional Altiplano. La Paz, Bolivia. 16 p.

ROJAS, W. 2008. Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Alto Andinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Fase 2003-2008, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.

ROJAS, W. 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis M.Sc., Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia - Chile.

ROMO, S.; ROSERO, A.; FORERO, C. Y CERON, E. 2006. Potencial Nutricional de Harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) variedad Piartal en los Andes Colombianos. Primera parte. Universidad del Cauca – Ingeniería Agroindustrial. Publicación 27 de febrero de 2006.

RUBIO, Y. 2005. Extracción de aceite de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su caracterización de dos ecotipos provenientes del secano de la región VI de Chile. Universidad de Chile – laboratorios de procesados de alimentos.

SOLID OPD (Organización Privada de Desarrollo). 2010. Tecnología productiva de la quinua. Primera Edición - Programa modular para el manejo técnico del cultivo de quinua Marco referencial, Perú.

TAPIA, M. 2000. Cultivos Andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. FAO, Santiago de Chile.

TORREZ, M.; GUZMÁN, A. Y CARVAJAL, R. 2002. Valoración nutricional de 10 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Instituto SELADIS. Laboratorio de Bromatología. La Paz – Bolivia.

VILLACRÉS, E.; PERALTA, E.; EGAS, L. Y MAZÓN, N. 2011. Potencial Agroindustrial de la Quinoa, Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos (Boletín divulgativo N° 146) Quito, Ecuador.

VILLANUEVA V. S.A. El camino de la quinua. Movimiento Manuela Ramos. Disponible en: <http://www.manuela.org.pe/wp-content/uploads/2010/06/57214377-EI-Camino-de-la-Quinoa.pdf> Accedido el 5 de abril de 2014.

ANEXOS

Anexo 1. Días a la madurez fisiológica en genotipos de quinua roja.

TRATAMIENTOS	LINEAS	DÍAS A LA MADUREZ FISIOLÓGICA
1	L-PSKA	155
2	L-BLHB	160
3	L-118	140
4	L-P	159
5	L- 12(85)	143
6	L-6(01)	143
7	L-GO	142
8	L-35(02)	142
9	L-33(02)	142
10	L-M389	157
11	L-CAR/2/	149
12	L-6(12)	138

Anexo 2. Promedios de variables cuantitativas en la cosecha

Tratamientos	líneas	Altura de planta	Diámetro de panoja	Longitud de panoja	Índice de cosecha	Rendimiento
1	L-PSKA	101,03	4,1	19,3	0,29	2.084
2	L-BLHB	109	4,65	26,77	0,37	1.799
3	L-118	85,27	2,9	12,53	0,42	1.902
4	L-P	96,73	3,69	16,6	0,36	1.853
5	L- 12(85)	86,93	3,58	16,73	0,38	2.149
6	L-6(01)	94,03	3,32	17,88	0,45	2.659
7	L-GO	83,67	2,88	13,73	0,48	2.511
8	L-35(02)	95,53	3,52	21,07	0,44	2.192
9	L-33(02)	85,4	2,87	13,7	0,40	2.449
10	L-M389	98,6	3,02	17	0,33	2.065
11	L-CAR/2/	94,07	3,4	21,8	0,39	1.765
12	L-6(12)	86,33	3,27	16,73	0,47	1.799

Anexo 3. Promedios de variables relacionadas con la calidad de grano

Genotipo	Calibre de grano por tamaño			Peso hectolítrico			% Germinación	
	Grande	Mediano	Pequeño	Grande	Mediano	Pequeño	grande	mediano
L-PSKA	13,5	82,4	4	72,55	74,25	4,07	97	91
L-BLHB	9,6	82,4	8	71,07	75,73	8,00	88	63
L-118	46,4	51	3	71,23	71,77	2,63	94	77
L-P	13,3	82,2	5	71,27	72	4,50	98	98
L- 12(85)	40,5	56,3	3	71,65	73,8	3,20	88	80
L-6(01)	25	68,6	6	71,56	73,08	6,40	96	91
L-GO	11,9	83,6	4	71,9	75,17	4,47	98	90
L-35(02)	45,9	48,1	3	70,48	72,43	3,47	98	89
L-33(02)	29,8	64,1	6	71,62	73,2	6,10	89	78
L-M389	0	50,1	50	71,27	73,38	49,90	94	100
L-CAR/2/	0	90,9	9	68,66	70,1	9,10	98	93
L-6(12)	25,5	69,9	5	71,93	72,65	4,53	98	91

Anexo 4. Promedios de datos para expandido y laminado de quinua.

Líneas	Genotipo	Pipocas de quinua		Hojuelas de quinua		
		Volumen inicial	Volumen final	Hojuelas	Sémola	Diámetro de hojuelas
1	L-PSKA	10	24,07	85,42	14,58	6,45
2	L-BLHB	10	26,39	71,86	28,14	5,33
3	L-118	10	15,29	83,42	16,58	6,21
4	L-P	10	18,28	74,39	25,61	5,71
5	L- 12(85)	10	15,81	62,88	37,12	5,16
6	L-6(01)	10	14,79	65,36	34,64	5,44
7	L-GO	10	20,81	74,86	25,14	5,15
8	L-35(02)	10	15,73	75,48	24,52	5,74
9	L-33(02)	10	16,51	85,73	14,37	5,74
10	L-M389	10	14,97	68,88	31,12	4,95
11	L-CAR/2/	10	18,54	87,73	12,27	6,39
12	L-6(12)	10	15,78	85,29	14,71	6,25

Anexo 5. Registro de datos en plantas individuales



Plantas individuales



Trilla y venteo



Peso grano

Anexo 6. Calibración del grano de quinua.



Peso total de grano parcela útil



Separación de granos

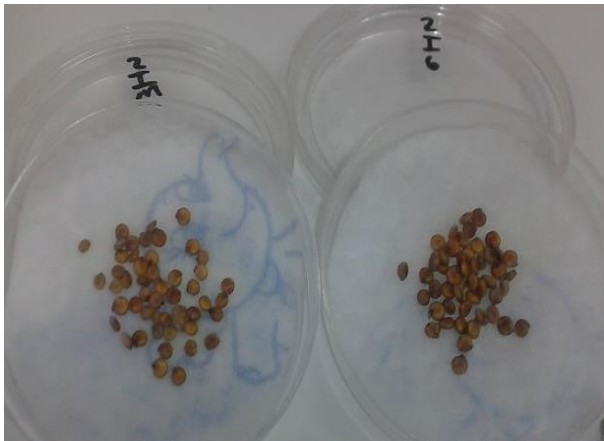


Grano mediano retenido en 3^{er} tamiz

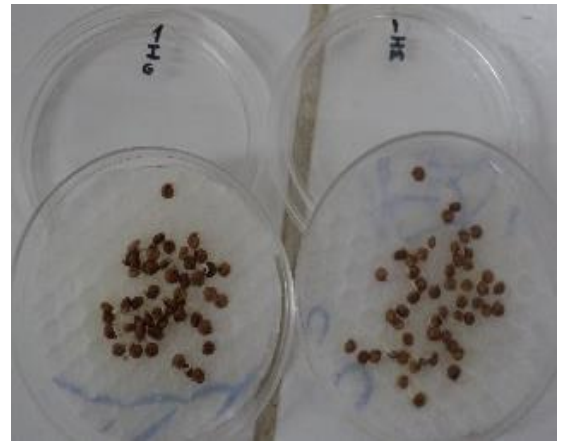


Grano embolsado según tamaño

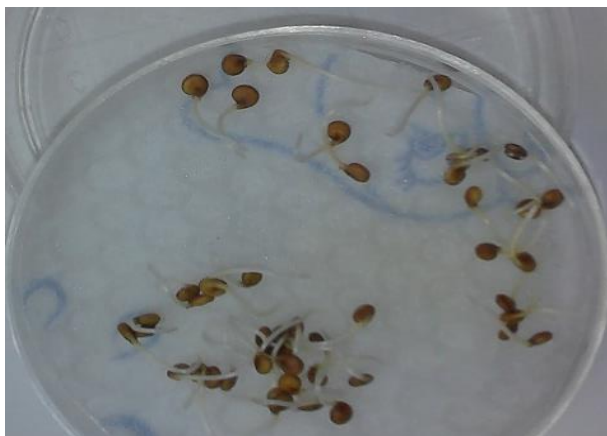
Anexo 7. Porcentaje de germinación a las 24 horas



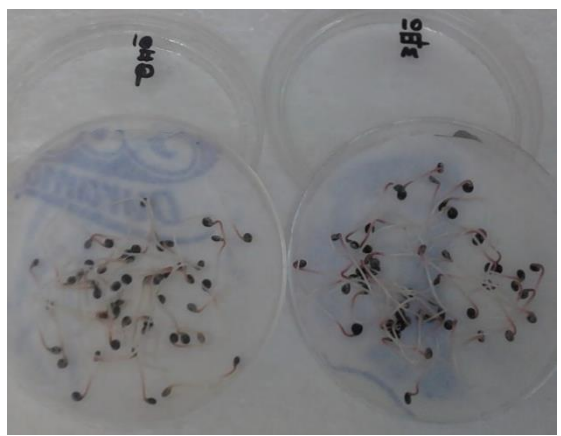
Germinación a las 12 horas



Germinación a las 24 horas



Germinación a las 36 horas



100 % de germinación en quinua negra

Anexo 8. Acondicionamiento para expandido en quinua



Remojo de muestras



volumen de quinua expandida



Peso expandido



Tostado en tiesto



Quinua expandida



Volumen final expandido

Anexo 9. Proceso de beneficiado en quinua roja



Lavado con agua fría



Friccionado y lavado de quinua



Grano de quinua beneficiar

Quinua beneficiada

Anexo 10. Proceso de laminado de granos en quinua roja



Acondicionado



Contenido de humedad



Laminado de quinua roja



Hojuelas secas



Tamizado de hojuelas



Diámetro-espesor

Anexo 11. Datos analizados en programa estadístico

Analysis of variance *****

ALTURA DE PLANTA

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Bloque stratum	2	87.66	43.83	0.68	0.519
Bloque.*Units*Trat	11	1981.05	180.10	2.78	0.020
Residual	22	1427.14	64.87		
Total	35	3495.85			

Variate: AltR

	d.f.	s.e.	cv%
Stratum			
Bloque	2	1.91	2.1
Bloque.*Units*	22	8.05	8.7

Identifier	Mean
2	109.00
1	101.03
10	98.60
4	96.73
8	95.53
11	94.07
6	94.03
5	86.93
12	86.33
9	85.40
3	85.27
7	83.67

DIAMETRO DE PANOJA

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Bloque stratum	2	0.1312	0.0656	0.46	0.638
Bloque*Units*Trat	11	9.4440	0.8585	6.00	<.001
Residual	22	3.1469	0.1430		
Total	35	12.7221			

Variate: Dpn

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Bloque	2	0.0739	2.2
Bloque.*Units*	22	0.3782	11.0

Identifíer	Mean
2	4.653
1	4.100
4	3.693
5	3.587
8	3.527
11	3.400
6	3.317
12	3.273
10	3.020
3	2.900
7	2.880
9	2.873

LONGITUD DE PANOJA

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr
Bloque stratum	2	17.220	8.610	1.19	0.322
Bloque.*Units*Trat	11	526.795	47.890	6.63	<.001
Residual	22	158.801	7.218		
Total	35	702.817			

Variate: Lpn

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Bloque.*Units*	22	2.687	15.1

Identifíer	Mean
2	26.77
11	21.80
8	21.07
1	19.30
6	17.88
10	17.00
5	16.73
12	16.73
4	16.60
7	13.73
9	13.60
3	12.53

RENDIMIENTO

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Bloque stratum	2	1570113.	785056.	2.78	0.084
Bloque.*Units*Trat	11	3671029.	333730.	1.18	0.352
Residual	22	6202201.	281918.		
Total	35	11443343.			

Variate: Rdto

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Bloque	2	255.8	11.7
Bloque.*Units*	22	531.0	24.4

ÍNDICE DE COSECHA

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Bloque stratum	2	0.003618	0.001809	0.55	0,583
Bloque.*Units*Trat	11	0.106437	0.009676	2.96	0.015
Residual	22	0.071929	0.003270		
Total	35	0.181984			

INDICE DE COSECHA

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Bloque	2	0.01228	3.1
Bloque.*Units*	22	0.05718	14.4

Identifier	Mean
7	0.4789
12	0.4670
6	0.4518
8	0.4389
3	0.4248
9	0.3976
11	0.3880
5	0.3791
2	0.3747
4	0.3615
10	0.3275
1	0.2904

**CATEGORÍAS DE GRANO SEGÚN CALIBRE
TAMAÑO DE GRANO GRANDE**

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Bloque stratum	2	8.933889	4.466944	0.21	0.8098
Trat	11	8886.803056	807.891187	38.52	<.0001
Residual	22	461.426111	20.973914		
Total	35	9357.163056			

Identifier	Mean		
A	46.367	3	3
A	45.900	3	8
A	40.533	3	5
B	29.833	3	9
B	25.500	3	12
B	25.000	3	6
C	13.500	3	1
C	13.267	3	4
C	11.967	3	7
C	9.567	3	2
D	0.000	3	11
D	0.000	3	10

TAMAÑO DE GRANO MEDIANO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	13	7611.409167	585.493013	24.10	<.0001
blq	2	16.055000	8.027500	0.33	0.7222
trat	11	7595.354167	690.486742	28.42	<.0001
Error	22	534.558333	24.298106		
Corrected Total	35	8145.967500			

Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	90.900	3	11
A	83.567	3	7
A	82.433	3	2
A	82.433	3	1
A	82.233	3	4
B	69.967	3	12
B	68.600	3	6
BC	64.067	3	9
CD	56.267	3	5
D	51.000	3	3
D	50.100	3	10
D	48.133	3	8

%GERMINACIÓN EN TAMAÑO DE GRANO GRANDE A 24 HORAS

Source of variation	d.f. (m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Bloque stratum	2	48.01	24.01	0.69	0,484
Trat	10 (1)	548.67	54.87	1.58	0.195
Residual	17 (5)	589.62	34.68		
Total	29 (6)	1173.47			

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Bloque	2	1.414	1.5
Bloque.*Units*	17	5.889	6.2

Identifier	Mean
4	98.67
7	98.67
11	98.28
8	98.00
12	98.00
1	97.02
6	96.00
10	94.97
3	94.02
9	89.33
2	88.67
5	88.00

%GERMINACIÓN EN GRANO MEDIANO A 24 HORAS

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Bloque stratum	2	290.40	145.20	1.69	0,207
Trat	11	3522.07	320.19	3.73	0.004
Residual	22	1887.05	85.78		
Total	35	5699.53			

Variate: %GMED24

	d.f.	s.e.	cv%
Stratum			
Bloque	2	3.48	4.0
Bloque.*Units*	22	9.26	10.7

Identifier	Mean
10	100.00
4	98.00
11	93.33
1	91.27
6	90.67
12	90.57
7	89.97
8	88.67
5	80.00
9	78.00
3	77.07
2	63.33

Variate: QUINUA POP PIPOCAS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
POP Prom(cc)	36	0,95	0,92	5,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	478,98	13	36,84	33,04	<0,0001
!Bloque	0,94	2	0,47	0,42	0,6624
!Trat	478,04	11	43,46	38,97	<0,0001
Error	24,54	22	1,12		
Total	503,51	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,1152 gl: 22

!Trat	Medias	n	E.E.						
2,00	26,39	3	0,61	A					
1,00	24,07	3	0,61		B				
7,00	20,81	3	0,61			C			
11,00	18,54	3	0,61				D		
4,00	18,28	3	0,61				D	E	
9,00	16,51	3	0,61					E	F
5,00	15,81	3	0,61						F
12,00	15,78	3	0,61						F
8,00	15,73	3	0,61						F
3,00	15,29	3	0,61						F
10,00	14,97	3	0,61						F
6,00	14,79	3	0,61						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PORCENTAJE DE HOJUELA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%HOJUL	36	0,94	0,90	3,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2434,98	13	187,31	25,31	<0,0001
!Bloque	3,46	2	1,73	0,23	0,7938
!Trat	2431,52	11	221,05	29,86	<0,0001
Error	162,84	22	7,40		
Total	2597,82	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 7,4019 gl: 22

!Trat	Medias	n	E.E.						
11,00	87,73	3	1,57	A					
9,00	85,63	3	1,57	A					
1,00	85,42	3	1,57	A					
12,00	85,29	3	1,57	A					
3,00	83,42	3	1,57	A					
8,00	75,48	3	1,57		B				
7,00	74,86	3	1,57		B				
4,00	74,39	3	1,57		B				
2,00	71,86	3	1,57		B	C			
10,00	68,88	3	1,57			C	D		
6,00	65,36	3	1,57				D	E	
5,00	62,88	3	1,57					E	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PORCENTAJE DE SEMOLA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%SEM	36	0,94	0,90	11,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2434,98	13	187,31	25,31	<0,0001
!Bloque	3,46	2	1,73	0,23	0,7938
!Trat	2431,52	11	221,05	29,86	<0,0001
Error	162,84	22	7,40		
Total	2597,82	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 7,4019 gl: 22

!Trat	Medias	n	E.E.					
5,00	37,12	3	1,57	A				
6,00	34,64	3	1,57	A	B			
10,00	31,12	3	1,57		B	C		
2,00	28,14	3	1,57			C	D	
4,00	25,61	3	1,57				D	
7,00	25,14	3	1,57				D	
8,00	24,52	3	1,57				D	
3,00	16,58	3	1,57					E
12,00	14,71	3	1,57					E
1,00	14,58	3	1,57					E
9,00	14,37	3	1,57					E
11,00	12,27	3	1,57					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

DIAMETRO DE HOJUELAS

Nueva tabla : 27/03/2015 - 21:29:58 - [Versión : 01/11/2014]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ø PROM	36	0,89	0,82	4,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9,06	13	0,70	13,36	<0,0001
!Bloque	0,24	2	0,12	2,30	0,1241
!Trat	8,82	11	0,80	15,37	<0,0001
Error	1,15	22	0,05		
Total	10,21	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0522 gl: 22

!Trat	Medias	n	E.E.				
1,00	6,45	3	0,13	A			
11,00	6,39	3	0,13	A			
12,00	6,25	3	0,13	A			
3,00	6,21	3	0,13	A			
9,00	5,74	3	0,13		B		
8,00	5,74	3	0,13		B		
4,00	5,71	3	0,13		B		
6,00	5,44	3	0,13		B	C	
2,00	5,33	3	0,13		B	C	D
5,00	5,16	3	0,13			C	D
7,00	5,15	3	0,13			C	D
10,00	4,95	3	0,13				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)