

**UNIVERSIDAD MAYOR DE ANDRÉS**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCION Y  
COMERCIALIZACION AGROPECUARIA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACION DEL BENEFICIADO Y LAMINADO DE CUATRO  
VARIEDADES AMARGAS Y SEIS VARIEDADES DULCES DE  
QUINUA COMERCIAL**

Erwin Ronal Mamani Mamani

La Paz- Bolivia

2016

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN  
AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL BENEFICIADO Y LAMINADO DE CUATRO VARIEDADES  
AMARGAS Y SEIS VARIEDADES DULCES DE QUINUA COMERCIAL**

*Tesis de Grado Presentado como requisito parcial  
para optar el Título de Licenciado en Ingeniería en  
producción y comercialización agropecuaria*

**ERWIN RONAL MAMANI MAMANI**

**Asesores:**

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

Ing. M. Sc. Gloria Cristal Taboada Belmonte .....

**Tribunal Examinador**

Ing. Rolando Cespedes Paredes .....

Ing. Silvia Etelvina Aliaga Zeballos .....

**Aprobado**

**Presidente**

**Tribunal Examinador:** .....

**La Paz – Bolivia  
2016**

## **Dedicatoria**

A mis queridos padres Valentín Mamani Torrez a mí querida mamá Máxima Mamani Quiñajo gracias por el apoyo incondicional con mucho esfuerzo y sacrificio les agradezco muchísimo.

A mis queridos hermanos (as) les agradezco mucho por apoyo incondicional y comprensión en las malas y en las buenas; Alejandro, Sonia, Nancy, Marta, Brígida y Angela.

## **Agradecimiento**

A dios por todas las bendiciones recibidas.

Le agradezco a la Universidad Mayor de San Andrés a la Facultad de Agronomía y a la carrera de ingeniería en producción y comercialización agropecuaria por haberme cobijado en sus aulas a los Docentes por brindarme sus conocimientos en mi formación.

El presente trabajo de investigación fue realizado gracias por apoyo y colaboración de la institución Fundación PROINPA

Mis sinceros agradecimientos a mis asesores Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores por su apoyo valioso y orientación con su conocimiento, en la elaboración de este documento y por apoyo en el parte de la redacción, mi respeto agradecimiento a la Ing. M. Sc. Gloria Cristal Taboada.

De igual manera agradecer por su apoya a los Tribunales Revisores por sus explicaciones y sugerencias para este trabajo: Ing. Rolando Cespedes Paredes e Ing. Silvia E. Aliaga Zeballos.

Finalmente agradezco a todos los técnicos que trabajan en Fundación PROINPA, a mis compañeros les deseo gracias por el apoyo durante la investigación.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b><u>INDICE DE TEXTO</u></b> .....	<b>I</b>
<b><u>INDICE DE CUADROS</u></b> .....	<b>II</b>
<b><u>INDICE DE FIGURAS Y FLUJOGRAMAS</u></b> .....	<b>III</b>
<b><u>INDICE DE ANEXSOS</u></b> .....	<b>VI</b>
<b><u>RESUMEN</u></b> .....	<b>V</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivos .....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
1.2. Hipótesis .....	2
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
2.1. Zonas de producción de quinua .....	3
2.1.1. Áreas de producción de quinua .....	3
2.2. Importancia económica de la quinua .....	5
2.2.1. El “auge” de la quinua y el año internacional de la quinua.....	6
2.2.2. La baja demanda y caída de precios .....	7
2.3. Usos de la quinua .....	8
2.4. Calidad de la quinua .....	9
2.4.1. Calidad y libre de gluten .....	9

2.4.2. Valor nutritivo de los granos andinos .....	10
2.5. Cosecha y secado.....	12
2.5.1. Determinación del momento de la cosecha .....	13
2.5.2. Métodos de la cosecha .....	13
2.5.3. Emparve .....	14
2.5. 4. Post cosecha de la quinua .....	14
2.5.5. Trilla .....	14
2.5.6. Venteado .....	15
2.5.7. Clasificación.....	16
2.6. Beneficiado de quinua.....	16
2.6.1. Saponinas.....	17
2.6.2. Desaponificación.....	19
2.6.3. Desaponificación por vía seca .....	19
2.6.4. Desaponificación húmedo.....	19
2.6.5. Desaponificación vía seca y húmeda.....	19
2.7. Definición y procesos de transformación de la quinua .....	20
2.7.1. Características industriales del grano de quinua .....	20
2.8. Procesamiento de la quinua (Agroindustria) .....	21
1) Quinua perlada.....	22
2) Hojuelas de quinua .....	22
3) Harina de quinua.....	23
4) Pasta de quinua .....	23
2.9. Otros productos.....	24
1) Quinua expandida (pop quinoa) .....	24

2) Leche de quinua.....	24
3) Malteado de quinua.....	25
4) Néctar de quinua.....	25
2.10. Flujograma .....	25
<b>3. LOCALIZACION .....</b>	<b>25</b>
3.1. Ubicación geográfica.....	25
3.2. Características ecológicas .....	26
3.2.1. Clima.....	26
3.2.2. Suelo.....	26
3.2.3. Vegetación .....	27
3.2.4. Ganadería.....	27
<b>4. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>28</b>
4.1. Materiales .....	28
4.1.1. Material biológico .....	28
4.1.2. Material de campo .....	28
4.1.3. Material de laboratorio .....	29
4.1.4. Material de escritorio.....	29
4.1.5. Equipos.....	29
4.2. Metodología .....	29
4.2.1. Cosecha.....	29
4.2.2. Análisis de pureza varietal .....	30
4.2.3. Trilla .....	30
4.2.4. Almacenamiento .....	30
4.2.5. Clasificación de granos.....	31
4.2.6. Peso hectolítrico .....	31

4.2.7. Beneficiado .....	31
4.2.8. Desaponificación por vía seca y húmeda .....	31
4.2.9. Escarificado con un equipo semi industrial (desaponificación en seco)....	32
4.2.10. Lavado manual (desaponificado en húmedo) .....	32
4.2.11. Volumen de agua empleado para quinua amarga .....	32
4.2.12. Volumen de agua empleado en quinua dulce .....	33
4.2.13. Clasificación de grano después del beneficiado .....	33
4.2.14. Grano beneficiado.....	33
4.2.15. Porcentaje de humedad en los granos .....	33
4.2.16. Transformación y laminado en hojuelas de quinua.....	33
4.2.17. Diámetro de las hojuelas .....	34
4.2.18. Tamizado de hojuelas.....	34
4.2.2. Diseño experimental. ....	34
4.2.3. Análisis estadístico .....	34
4.3. Variables de respuesta .....	35
4.3.1. Porcentaje de pureza de variedades comerciales de quinua.....	35
4.3.2. Clasificación de granos antes y después del beneficiado.....	35
4.3.3. Tiempo de escarificación por variedades.....	35
4.3.4. Relación del uso de agua en el beneficiado entre quinua amarga y dulce .....	36
4.3.5. Humedad del grano antes y después del beneficiado .....	36
4.3.6. Porcentaje de hojuela versus sémola .....	36
4.3.7. Relación de volumen de grano-volumen de hojuela por variedad .....	36
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>36</b>
5.1. Porcentaje de pureza en quinua comercial .....	36

5.1.1. Análisis de variables cualitativas.....	36
5.2. Clasificación por el tamaño del grano .....	39
5.2.1. Porcentaje de tamaño de grano grande.....	39
5.2.2. Porcentaje de tamaño grano mediano .....	41
5.3.1. Peso hectolítrico .....	44
5.4. Beneficiado de quinua.....	46
5.4.1. Escarificado (desaponificado en seco) .....	46
5.4.2. Tiempo de escarificado (desaponificado en seco) .....	49
5.4.3. Porcentaje de pérdida de granos quebrados .....	51
5.4.4. Tiempo de lavado de los granos escarificados en (seco) .....	53
5.4.5. Relación de volumen de agua gastado entre quinua amaga y dulce .....	55
5.4.6. Porcentaje de pérdida de grano por lavado manual .....	56
5.4.7. Porcentaje de pérdida total en el proceso de beneficiado .....	58
5.4.8. Flujograma.....	62
5.5. Clasificación de tamaño de grano beneficiado.....	66
5.5.1. Porcentaje de grano grande perlado.....	66
5.5.2. Porcentaje de tamaño de grano mediano .....	68
5.6. Porcentaje de hojuelas enteras.....	70
5.6.1. Porcentaje de sémola .....	72
5.6.2. Diámetro de hojuelas .....	74
5.6.3. Volumen de hojuelas .....	77
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA. ....</b>	<b>82</b>

## Índice de cuadros

<b>Cuadro N°</b>	<b>Página</b>
1. Superficie, producción y rendimientos en Bolivia .....	5
2. Componentes de la quinua comparados con otros grandes alimentos y productos alimenticios.....	11
3. determinaciones del tamaño de los granos de quinua en función del diametro promedio .....	16
4. Diferencias de las características entre los granos de quinua y los cereales.....	21
5. Relación del material genético utilizado: variedades comerciales con sus características de color de planta, tipo de inflorescencia y clase de grano .....	28
6. Porcentaje de pureza genética en variedades amargas y dulces de quinua.....	37
7. Análisis de varianza para categoría de tamaño de grano grande en las 10 variedades de quinua comercial.....	39
8. Prueba de Duncan para porcentaje de grano grande (GG) en variedades de quinua comercial. ....	40
9. Análisis de varianza para categoría de tamaño de grano mediano en 10 variedades de quinua comercial.....	42
10. Comparación de medias utilizando la prueba de Duncan para el porcentaje del tamaño de grano mediano .....	42
11. Análisis de varianza para peso hectolítrico en las 10 variedades de quinua comercial.....	44
12. Comparación de medias y prueba de Duncan para el peso hectolítrico. ....	45
13. Análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso durante el pulido en las 10 variedades de quinua comercial. ....	47
14. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de pérdida de peso de saponina (mojuelo) .....	48

15. Análisis de varianza para tiempo de escarificado con la microbeneficiadora en variedades de quinua comercial.....	50
16. Promedio de tiempo de beneficiado (pulido) .....	50
17. Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de pérdida de grano partido en variedades de quinua comercial.....	51
18. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de pérdida de granos quebrados ocasionado en el proceso de escarificado.....	52
19. Análisis de Varianza (ANVA) para el parámetro de tiempo de lavado de grano en variedades de quinua comercial.....	53
20. Comparación de medias y prueba de Duncan para tiempo de lavado manual ..	54
21. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de pérdida por lavado en variedades de quinua comercial.....	56
22. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de pérdida de grano durante el lavado.....	57
23. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de pérdida total de peso en el proceso de beneficiado en variedades de quinua comercial.....	58
24. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de pérdida total peso en el beneficiado. ....	59
25. Porcentaje de pérdidas en el beneficiado de quinua amarga y dulce .....	60
26. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de grano grande beneficiado en variedades de quinua comercial.....	66
27. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de tamaño de grano grande beneficiado.....	67
28. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de tamaño de grano mediano después del beneficiado en variedades de quinua comercial .....	68
29. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de tamaño grano mediano beneficiado .....	69

30. Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de hojuelas enteras en las 10 variedades de quinua comercial.....	70
31. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de hojuelas enteras .....	71
32. Características cualitativas de las hojuelas (tamaño, color, olor y apariencia)....	72
33. Análisis de Varianza para el porcentaje de sémola de las diez variedades de quinua comercial .....	73
34. Comparación de medias y prueba de Duncan para porcentaje de sémola .....	74
35. Análisis de Varianza (ANVA) para el diámetro de hojuelas en variedades de quinua comercial .....	75
36. Comparación de medias y prueba de Duncan para diámetro de hojuelas .....	76
37. Análisis de Varianza (ANVA) para el volumen de hojuelas en variedades de quinua comercial .....	77
38. Comparación de medias y prueba de Duncan para el volumen de hojuelas.....	78

## INDICE DE FIGURAS Y FLUJOGRAMAS

Figura 1. Volumen de agua utilizado para eliminar la saponina .....	55
Flujograma de beneficiado para quinua dulce.....	62
Flujograma de beneficiado para quinua amarga .....	64
Flujograma para la transformación de hojuelas.....	79

## Resumen

Uno de los principales limitantes del consumo de la quinua es el contenido de saponina que le da un sabor amargo, por lo que previo al consumo, es necesario remover la saponina por un proceso complejo. Por otra parte, las variedades dulces requieren de un proceso más simple previo al consumo. Sin embargo, no se conoce las diferencias en el proceso de beneficiado para quinua amarga y quinua dulce. Con tal antecedente, 10 variedades de quinua comercial (amarga y dulce) fue sometido al proceso de remoción de saponina en el Centro de Investigación de K'iphak'iphani, provincia Ingavi del Departamento de La Paz. Los objetivos fueron determinar la pureza de la quinua dulce y quinua marga en variedades comerciales, determinar la cantidad de agua necesaria para el beneficiado de quinua dulce y quinua amarga, evaluar la calidad del grano de quinua (categorías de grano según calibre y peso hectolítrico), elaborar flujogramas diferenciados para el beneficiado de quinua amarga y dulce y determinar la calidad de hojuela de variedades de quinua. Los materiales empleados fueron 10 variedades de quinua (amarga y dulce), las mismas que fueron evaluados en su pureza según presencia y ausencia de saponina. El grano obtenido fue categorizado según calibre por cada variedad y determinado su porcentaje de sus componentes de extra grande, grande, mediano y pequeño. Las muestras fueron escarificadas en una pulidora experimental, luego lavado manual con agua de grifo. Las muestras lavadas fueron secadas bajo temperatura ambiente, luego estas fueron acondicionadas para laminado. El grano acondicionado fue pasado por una laminadora semi industrial para obtener hojuelas. La hojuela obtenida fue evaluada según el porcentaje de hojuelas enteras, tamaño de hojuelas y porcentaje de harina o sémola. Los resultados muestran que las variedades varían en pureza, la variedad Jacha Grano tiene 100% de pureza, la variedad Surumi tienen 90.67% de pureza, el resto de las variedades se encuentra en ese rango de variación de pureza. La calidad de grano varia en las variedades, la Jacha grano contienen 49.78% de grano grande, 47.15% de grano mediano y 3.67% de pequeño, en cambio, la variedad Blanquita contienen grano grande, 79.17% de grano mediano y

20.83% pequeño. El beneficiado de quinua amarga requiere entre 3000 ml de agua mientras que la quinua dulce requiere 1800 ml de agua para desaponificar la misma cantidad de quinua (300 g). La pérdida durante el beneficiado es 12.63% en quinua amarga (Pandela) y 4.9% en quinua dulce (Kurmi). La calidad para laminado varía entre variedades, siendo que la variedad Selección Pandela reporta 91.63% de hojuelas enteras, 9.47% de sémola, en cambio la variedades Selección Jacha Grano, Patacamaya, Surumi, Intinaira y Maniqueña arrojan 86.05 a 88.18 % de hojuelas enteras frente a 13.22% de harina o sémola. En base a los resultados se deduce que para una tonelada de quinua amarga se emplearía aproximadamente 10 m<sup>3</sup> de agua, en cambio para la quinua dulce se requiere 6 m<sup>3</sup>, lo que muestra que a futuro el beneficiado de quinua amarga puede tener limitaciones en un contexto de cambio climático donde la escases de agua dulce será más evidente . Con respecto a la calidad de quinua para laminado, se ha encontrado diferencias entre variedades, siendo Selección Pandela variedad más apropiada para hojuela en razón de que permite obtener 91.63% de hojuelas enteras frente a 9.4% de sémola. En conclusión, las variedades de quinua comercial difieren en porcentaje de pureza, el grano de las variedades varía en porcentaje de categorías de grano. Con respecto al beneficiado, la cantidad de agua empleada para remover la saponina es casi el doble frente a la quinua dulce. La calidad de quinua para laminado varía entre variedades, sobresaliendo la variedad Selección Pandela por reportar mayor porcentaje de granos enteros.

## ABSTRACT

One of the main limiting consumption of quinoa is the content of saponin which gives a bitter taste, so prior to consumption, it is necessary to remove the saponin by a complex process. In other hand, sweet varieties require a simple process before consumption. However, differences are not known in processing bitter quinoa and sweet quinoa. With this background, 10 commercial varieties (bitter and sweet) have been subjected to processing at K'iphak'iphani Research Center, Ingavi Province of La Paz department. The objectives were to determine the purity of the quinoa in commercial varieties, to determine the amount of water needed for processing sweet and bitter quinoa, to evaluate the quality of quinoa grain categories of grain according to size and test weight), to develop differentiated flowcharts for processing bitter and sweet quinoa, and to determine the quality of varieties for flaking. The materials used were 10 varieties of quinoa (bitter and sweet); those varieties were evaluated in its purity by the presence and absence of saponin. Quinoa grain was categorized according to size for each variety and determined the percentage of their components (extra-large grain, large grain, large, medium and small grain). Samples were scarified in an experimental polisher, then; hand washing with tap water was performed. The washed samples were dried under room temperature, then, quinoa samples were conditioned for flaking. Conditioned grain was passed for a semi-industrial flaker to obtain flakes. The flakes were evaluated by the percentage of whole flakes, flake size and percentage of flour or meal. The results show that varieties vary in purity, the variety Jacha Grano has 100% purity, variety Surumi has 90.67% purity, and the remaining varieties are in the range of variation. Grain quality varies among varieties, Jacha grano contain 49.78% of large grain, 47.15% medium grain and 3.67% small grain, however, the variety Blanquita contain no large grain, 79.17% medium grain and 20.83% small grain. Processing bitter quinoa requires about 3000 m<sup>3</sup> of water, while sweet quinoa requires 1800 m<sup>3</sup> of water for the same amount of grain to be desaponified (300 g). During bitter quinoa processing, 12.63% of grain weight were lost in the Pandela variety and 4.9% in sweet quinoa variety (Kurmi). The quality for flaking varies between varieties, selected Pandela reported 91.63% of entire flakes and 9.47% semolina, and however the varieties Selected

Jacha Grano, Patacamaya, Surumi, Intinaira and Maniqueña yield 86.05 to 88.18% of entire flakes against to 13.22% flour or semolina. Based on the results, for a ton of bitter quinoa approximately 10 m<sup>3</sup> of water would be used instead for sweet quinoa 6 m<sup>3</sup> of water is required. In the future, processing bitter quinoa can be limited in a context of climate change where freshwater shortages will be more obvious. With regard to the quality of quinoa for flaking, there are differences between varieties, being more appropriate for flaking the selected-Pandela variety because it has 91.63% of whole flakes versus 9.4% semolina. In conclusion, commercial quinoa varieties differ in percentage of purity, grain varieties varies in percentage of categories of grain. Regarding saponin removal, the amount of water used to remove the saponin is almost double compared to sweet quinoa. The quality of quinoa for flaking differs between varieties, variety selection Pandela yielded higher percentage of whole grains.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la diversidad genética de la quinua se tiene diferentes colores de plantas, formas de panoja, glomeruladas, amarantiformes, ciclo productivo, adaptación específica, tipo y color de grano, tamaño de grano, presencia o ausencia de saponinas.

Entre las características del grano que tienen relación con el beneficiado y uso de la quinua son el color, presencia de saponina y el tamaño de grano. El grano de quinua debe ser beneficiado antes de preparar los alimentos como también antes de someter a un proceso de transformación en la agroindustria, de esa forma dar el valor agregado al grano de quinua.

El beneficiado de la quinua consiste de varias instancias tales como: Limpieza y clasificación primaria (venteo para separación de restos de hojas, talluelos, piedrecillas), escarificado para remover parcialmente la saponina que se encuentra en la cubierta externa del grano (pericarpio, lavado o de saponificado) para completar la remoción de la saponina, secado del grano lavado, separación de piedrecillas, clasificación por color de grano (blanco y negro o rojo), clasificación de quinua beneficiada por tamaño e integridad (separando de granos picados, y pequeños).

Todas las plantas beneficiadoras de quinua a escala industrial como las artesanales, cuentan con equipos o medios para remover la saponina, siendo el método combinado el más empleado (escarificado o pulido, lavado y secado).

Actualmente, todo proceso artesanal o industrial de beneficiado de quinua está desarrollado para la quinua amarga, lo que implica el empleo de grandes cantidades de agua dulce y gasto de energía en el escarificado y secado. Sin embargo, se carece de métodos de beneficiado para quinua dulce que podría ser inclusive de menor costo y ahorro de agua. Estos aspectos son importantes abordar puesto que pueden contribuir a la eficiencia del proceso al reducir costos e influir en la economía del agua, aspecto que será muy crítico con el calentamiento global.

En el contexto del cambio climático, la escases de agua dulce será el factor limitante para las plantas beneficiadoras de quinua que emplean agua para remover la saponina. No se conoce con exactitud la cantidad de agua que se emplea para

remover la saponina en una determinada cantidad de grano que se beneficia aunque se estima que son grandes volúmenes y sin un sistema de reciclaje del agua.

En la diversidad genética de la quinua, se cuenta con quinua amarga y quinua dulce, lo que conduce a desarrollar procesos diferenciados para el beneficiado, aunque en la actualidad, las plantas beneficiadoras emplean el mismo método para quinua amarga y dulce. La diferenciación en el proceso puede influir directamente sobre los costos del beneficiado y principalmente con la economía del agua en un contexto de cambio climático donde el agua dulce será el elemento crítico para los procesos industriales.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

→ Evaluar el beneficiado y laminado de cuatro variedades amargas y seis variedades dulces de quinua comercial.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

→ Determinar la pureza de la quinua dulce y quinua amarga en variedades comerciales de quinua.

→ Determinar el gasto de agua necesaria para el beneficiado de quinua dulce y amarga.

→ Evaluar la calidad del grano de quinua (según calibre y peso hectolítrico) en las variedades comerciales de grano de quinua.

→ Elaborar flujogramas diferenciados para el beneficiado de quinua amarga y dulce.

→ Determinar la calidad de hojuela en variedades de quinua.

## **1.2. Hipótesis**

**Ho:** El beneficiado de la quinua amarga frente a la quinua dulce resulta similar en el consumo de agua y tiempo de secado.

**Ho:** Las características de calidad del grano de quinua dulce y amarga son similares después del proceso de beneficiado.

**Ho:** La calidad de hojuela en variedades de quinua es similar.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Zonas de producción de quinua**

Rojas *et al.* (2010) indican que la producción de la quinua tiene una amplia distribución geográfica, se cultivan principalmente en tres zonas del altiplano boliviano, situados en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí. También se encuentran cultivares de quinua en los valles interandinos de los departamentos de Chuquisaca, Tarija y Cochabamba.

Los mismos autores, señalan que las variedades más difundidas en el Altiplano norte y centro son: Sajama, Chucapaca, Sayaña, Surumi, Intinaira, Patacamaya, Jacha Grano, Kurmi y Blanquita. Sin embargo, en el Altiplano sur se cuenta con más de 21 ecotipos de quinua real entre ellas: Toledo, Pandela, Real Blanca, Pisankalla, Kellu y Achachino.

Según Bonifacio (2006) las zonas de producción de quinua en Bolivia han sido divididas en Altiplano Sur, Altiplano Central, Altiplano Norte y los Valles Interandinos, donde unos 75000 pequeños productores se dedican al cultivo de la quinua.

Para Gandarillas *et al.* (2014) las principales zonas de producción de quinua en Bolivia están en el Altiplano, particularmente en el Altiplano Sur, donde se cultivan grandes extensiones destinadas a la exportación y por sus condiciones agroecológicas no es posible desarrollar otros cultivos. La zona más importante de expansión del cultivo es el Altiplano Central, mientras que en el Altiplano Norte las superficies son de menor extensión y además existe mayor diversidad de cultivos y otras zonas importantes de expansión son los Valles Interandinos.

#### **2.1.1. Áreas de producción de quinua**

La producción de la quinua se encuentra en proceso de expansión hacia diferentes áreas geográficas del planeta, por sus extraordinarias características de adaptabilidad a diversos pisos ecológicos y condiciones climáticas. Sin embargo Bolivia entre 2001 y 2002 registró una producción de 37.000 has con quinua, de los cuales el 60.0% de la producción es comercializada y exportada al exterior. Sin embargo después en la campaña agrícola 2011 y 2012, Bolivia incremento la superficie cultivada a 96.544 has, logrando una producción de 50.566 toneladas

métricas cifra que tuvo un incremento del 75.5% durante los últimos cinco años en tanto que para la campaña agrícola 2012 – 2013 se prevé un crecimiento en la producción del 12.8% (IBCE 2013).

Los mismos autores mencionan que las exportaciones bolivianas de quinua durante el 2012 bordearon las 26 mil toneladas por un valor cercano a los 80 millones de dólares americanos, muy distantes de las 2.000 toneladas exportadas el 2002 por un monto de 2 millones de dólares americanos, habiendo crecido casi 40 veces más desde hace 10 años.

Para PROINPA (2004) en los últimos años la superficie cultivada de quinua llega a un promedio de más de 35.000 has en todo el altiplano boliviano. Las principales áreas de cultivo que se han desarrollado están en los departamentos de La Paz en la Provincias Aroma y Gualberto Villarroel; en Oruro en la región de Salinas de Garci Mendoza y la Provincia Ladislao Cabrera; en el departamento de Potosí esta la región de Llica de la Provincia Daniel Campos y la Provincia Nor Lipez, considerada como una de las zonas que produce quinua de alta calidad.

Según MDRyT y CONACOPRQ (2009) la producción de quinua en el Departamento de La Paz están en las Provincias; Manco Kapac, Aroma, Gualberto Villarroel y Pacajes; en el Departamento de Oruro en la región de Salinas de Garci Mendoza en la Provincia Ladislao Cabrera y Avaroa, por último en el Departamento de Potosí; en la región de Llica, Salar de Uyuni en la Provincia Daniel Campos, Enrique Valdivieso, Nor Lipez y Antonio Quijaro.

Según otros autores ALADI- FAO (2014) Bolivia ha sido históricamente el principal productor de quinua en los últimos 10 años, la superficie sembrada se incrementó en poco más de 75.0%, aumentando de manera gradual desde 36.847 has el año 2000, a 64.789 has para el año 2011 y la producción creció en una proporción algo menor de 23.785 a 38.257 t hasta año 2011. En el siguiente cuadro 1, se muestra la superficie y producción de quinua en Bolivia desde el año 2000 a 2011.

## Cuadro 1 Superficie, producción y rendimientos en Bolivia.

Año	Superficie Hectárea	Producción Toneladas	Rendimiento (qq/ha)
2011	64,789	38,257	5,9
2010	63,01	36,06	5,73
2009	59,924	34,156	5,69
2008	46,369	27,169	5,85
2007	45,454	26,601	5,85
2006	42,431	26,873	6,33
2005	39,302	25,201	6,41
2004	38,649	24,688	6,38
2003	38,289	24,936	6,51
2002	37,817	24,179	6,39
2001	37,223	23,299	6,25
2000	36,847	23,789	6,25

Fuente: Elaboración propia basada en FAOSTAT citado por ALADI y FAO (2014)

### 2.2. Importancia económica de la quinua

La quinua a pesar de la promoción mundial en el mercado internacional, el valor bruto de la producción de la quinua no alcanza al 1% del PIB, sin embargo, las exportaciones de quinua ocupan la sexta posición dentro de las exportaciones de productos no tradicionales en el 2012 (IBCE 2013).

Los mismos autores describen que para el 2008, la tonelada de quinua exportada de Bolivia hacia el exterior tuvo un valor de \$us 2.208/t, mientras para el año 2011 mostro un precio referencial mayor a los 3.000 dólares americanos por tonelada; cifra que en el 2012 a pesar de haber disminuido levemente se ha mantenido por encima del precio ya mencionado \$us 3.044/t. Sin embargo, los precios en el mercado de Challapata para la quinua real blanca orgánica bruta es de \$us 1.264.4/t; la quinua real negra puesta en ese mercado tiene un valor de \$us 2.083.3/t, y el precio de la quinua real blanca en el mismo lugar es de \$us 1.293.1/t.

También los mismos autores indican que los precios mínimos de Comercio Justo se han definido para la quinua procesada a nivel FOB. Para la quinua orgánica, el precio mínimo de Comercio Justo se ha establecido en \$us 2.600/t y para la quinua convencional no orgánica a \$us 2.250/t; estos precios se aplican a todos los tipos de

quinua sin hacer distinción entre la quinua blanca, roja y negra. Además los precios son aplicados para todos los países de Sudamérica.

Según los datos del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, los volúmenes de exportación de quinua en el año 2013, han superado las 35 mil toneladas, cifra que equivale a más de 153 millones de dólares, esto representa un incremento del 33% del volumen con relación al año 2012.

Estudios realizados por Furche *et al.* (2013) en Bolivia, los incrementos de la producción se han basado principalmente en aumento de la superficie cultivada por hectárea; según estudios de IICA (2014) de mayo de 2013 y enero de 2014 el precio FOB de exportación se duplicó nuevamente, superando la barrera de 7.000 \$us/t. En enero de 2014 algunas empresas llegaron a pagar hasta 9.600 \$us/t, el promedio de ese mes se colocaría en un nivel record 7.443 en un año el precio de la quinua creció en 12.2% por la promoción del año internacional de la quinua, que explica en gran parte este “boom”.

### **2.2.1. El “auge” de la quinua y el año internacional de la quinua**

El “auge” de la quinua que se vivió en el país desde hace unos veinte años como consecuencia de la emergencia de este grano en el comercio mundial ha generado una serie de cambios económicos, sociales y ambientales en los sistemas agrarios de las zonas productoras, principalmente en el Altiplano Sur donde está concentrado la mayor producción de quinua Real para la exportación (Pari y Baudoin 2014).

Los mismos autores explican que el “auge” de la quinua es por el aumento de la demanda internacional y de los precios, a partir de 2007 se da un quiebre en el que los precios casi se triplican en dos años. En el mes de Noviembre de 2013 los precios pagados al productor alcanzaron el record de Bs 2100/qq en el mercado de Challapata y así la producción aumento de 10.000 toneladas que se producía en el año 1960 a 60.000 toneladas aproximadamente para el año 2012, este incremento explica por el aumento de la superficie cultivada y no así en el rendimiento del grano, la superficie cultivada entre 2012 a 2013 que es aproximadamente 95.000 ha.

El más importante del “auge” de la quinua es sin duda el incremento ocurrido entre 2007 y 2009 donde los precios crecieron en 131.0%. Luego de 2009, los precios altos se estabilizaron en los siguientes cuatro años (2009 a 2013), la superficie cultivada y el volumen de exportación ha crecido y en año 2013 con la declaración del año internacional de la quinua justamente el evento que precipitaría el fin de la estabilidad de los precios de la quinua (IICA, 2014).

### **2.2.2. La baja demanda y caída de precios**

Según el periódico Los Tiempos (2015) indica que el precio de la quinua de exportación cayó en un 40.0% en los primeros cinco meses del año 2015 con relación al mismo periodo de 2014; factores climáticos, caída del precio internacional y mayor competencia son las causas identificadas por los productores; sin embargo, hasta mayo de 2014, la exportación de quinua sumó 78.84 millones de dólares, cifra que este año bajó hasta 47.13 millones de dólares; en 2014 el quintal de quinua a nivel internacional estuvo a Bs 2050 y para 2015 cayó a Bs 550 a este se suma la competencia, la sobreoferta en el mercado internacional por el incremento de la producción en Perú, que tiene dos cosechas al año y es el principal competidor de Bolivia.

En diciembre de 2014, el precio del quintal de quinua se registraba en Bs 1200, pero hasta hace 10 días el grano de oro se cotizaba en Bs 400; básicamente esto se debe a la abundante oferta de la quinua peruana en el mercado mundial y además Perú tiene una estructura arancelaria favorable y tratados de libre comercio con muchos países, sus productores están mecanizados y tienen mayor rendimiento / ha (4.0 t); mientras en Bolivia en mejor de los casos producimos media tonelada por hectárea; por otro lado en 2014, Perú produjo 70 mil toneladas de quinua y para la gestión, 2014 – 2015 se maneja una reserva de más de 110.000 t, mientras Bolivia se mantiene con 60000 t (El Diario, economía 2015).

El mismo periódico menciona que con los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), de Enero a Julio, la exportación de quinua cayó en 42.5% en valor y 19.0% en términos de volumen; indiscutiblemente es una caída muy fuerte del precio y

estamos sometidos al precio internacional que desde mediados de 2014 lo fija Perú, ya no Challapata, (Bolivia).

A los picos registrados entre Diciembre de 2013 y Febrero de 2014, hubo una reducción importante de los precios; en el mes de abril el precio era Bs 1400/qq, más de un 30% menos que lo registrado dos meses antes. Esta bajada de precios era previsible, dado que la cosecha que se registró en marzo y abril, tiene el efecto de incrementar la oferta de quinua. Sin embargo, en el mismo año hasta julio los precios se han mantenido en torno a los Bs 1600/qq (IICA, 2014).

### **2.3. Usos de la quinua**

Según ALADI – FAO (2014) la quinua se puede utilizar en diferentes usos: en la alimentación, en la industria farmacéutica y cosmetología. La quinua para su uso y consumo contiene alto valor nutricional, contenido vitamínico, sales minerales y microelementos.

Rojas *et al.* (2010) describen también el uso de la quinua en medicina tradicional desde tiempos remotos, donde los kallawayas o conocidos como portadores de hierbas medicinales utilizaban con fines curativos para diferentes enfermedades en las comunidades del altiplano y valles.

Con base de entrevistas realizadas a familias que conservan y producen quinua en el altiplano, se han identificado 35 preparados alimenticios elaborados con quinua. La dieta de las familias del área rural incluye una diversidad de kispañas, p'esques, sopas, mucuna, pito y bebidas refrescantes; en ciertas ocasiones especiales se preparan también alimentos no tradicionales como galletas, tortas, buñuelos y jugos (Rojas *et al.* 2010).

Según PROINPA (2004) la quinua es utilizada en diferentes formas, principalmente en guisados, ensaladas, croquetas y sopas; básicamente estos usos tradicionales y son practicados en las comunidades para la conservación y difusión a los centros urbanos.

## **2.4. Calidad de la quinua**

La calidad de la quinua en la industria se refiere a las propiedades físicas y químicas del grano de una variedad específica. En ese sentido, las variedades para harina, para hojuelas, para pastas entre otros usos y diferencia varietal, requieren de la calidad apropiada para cada proceso. Las variedades con calidad industrial dará mayor pertinencia a los criterios de pureza y homogeneidad, tan a menudo promovidas por las instancias de registro (Bonifacio *et al.* 2014).

Estudios realizados por PROINPA (2004) muestran que las mezclas varietales pueden ser identificados por el color de la planta, forma de panoja, color de grano, tipo de grano, presencia de saponina, además se debe dar mayor énfasis a las quinuas silvestres que desmejoran la calidad del grano. Para obtener la calidad de grano y pureza de la variedad se realiza en dos épocas, una antes de la floración observando el color de la planta y tipo de panoja y la segunda a la madurez fisiológica observando el color del grano, tipo de grano y presencia de saponina.

### **2.4.1. Calidad y libre de gluten**

Estudios realizados por PROINPA (2004) describe que la quinua posee mayor índice de proteínas, calcio, fósforo, hierro y magnesio. Además contiene todos los aminoácidos esenciales; es rica en fibra y vitaminas del grupo B y no contiene gluten. Por el contrario como es un alimento libre de gluten pueden consumir la gran parte de la población, incluyendo las personas que son alérgicas al gluten, incluso la quinua procesada mantiene sus cualidades nutritivas, y es capaz de sustituir notablemente a las proteínas de origen animal.

Según Rojas *et al.* (2010) la calidad y libre de gluten en los granos andinos no poseen gluten lo que dificulta el amasado, ya que no forma liga en tanto que en los cereales poseen gluten lo que facilita el amasado a estos se les asigna alimentos que contienen proteínas pero no están libres de gluten; una de las características de los granos andinos es tener proteínas y aminoácidos esenciales, libres de gluten. Sin embargo el gluten es un material elástico compuesto de proteínas incompletas que

pueden causar enfermedades, como alergias y predisposición a la celiaquía en los organismos de los niños.

#### **2.4.2. Valor nutritivo de los granos andinos**

Según FAO (2011) las bondades de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. La proteína en la quinua varía entre 13.81 y 21.9% dependiendo de la variedad. Sin embargo, al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales que están establecidos cerca a los estándares para la nutrición humana.

Gomez y Eguiluz (2011) determinaron que la quinua tiene un valor nutritivo excepcional debido a que tiene un excelente balance de carbohidratos, grasas y proteínas para la alimentación humana. Sin embargo su proteína, en los granos de la quinua varía entre 14.0 a 22.0%, siendo significativamente mayor que en los cereales, las cuales están cerca de las recomendaciones por la FAO/OMS/UNU.

Investigaciones realizadas por Tapia *et al.* (1979) el grano de la quinua no es un alimento excepcional alto en proteínas; es decir, tiene una combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana, que le otorgan un alto valor nutricional.

Desde el punto de vista nutricional y alimentario, la quinua es la fuente natural de proteína vegetal, económica y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales. El valor calórico es mayor que de otros cereales, tanto en grano y en harina alcanza a 350 Cal/100g, que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías (PROINPA, 2004).

En el cuadro 2. Se muestra su contenido de grasas, hidratos de carbono, fibra, calcio y otros elementos que constituyen en un alimento muy valioso.

**Cuadro 2. Componentes de la quinua comparados con otros grandes alimentos y productos alimenticios.**

Componentes (%)	Quinua	Carne	Huevo	Queso	Leche vacuna	Leche humana
Proteína	13.0	30.	14.0	18.0	3.5	1.8
grasas	6.1	50.0	3.2		3.5	3.5
Hidratos de carbono	71.0					
Azúcar					4.7	7.5
Hierro	5.2	2.2	3.2		2.5	
Calorías 100g	370.0	431.0	200.0	24.0	66.0	88.0
Componentes (%)	Quinua	Trigo	Maíz	Arroz	Avena	
Proteínas	13.0	11.43	12.28	10.25	12.30	
Grasas	6.70	2.08	4.30	0.16	5.60	
Fibras	3.45	3.65	1.68		8.70	
Cenizas	3.06	1.46	1.49	0.60	2.60	
Calcio	0.12	0.05	0.01			
Fosforo	0.36	0.42	0.30	0.10		
Hidratos de carbono	71.0	71.0	70.0	78.0	60.0	

Fuente: Castiñeira y Lozano, citados por PROINPA (2004).

La quinua es uno de los alimentos más nutritivos que existen en el mundo; es considerado por la NASA como el alimento apto para sustentar a sus astronautas en condiciones de aislamiento. Esto se debe a sus altos contenidos de proteínas (13.81% a 21.9%), dependiendo de la variedad y a ser el único alimento, en el reino vegetal, que provee todos los aminoácidos esenciales (Moreno y Sánchez 2013).

## 2.5. Cosecha y secado

Flores *et al.* (2010) explican que la cosecha es una labor de mucha importancia en el proceso productivo, de ella depende el éxito para obtener la calidad comercial del grano; las etapas del proceso de la cosecha son: siega o corte; emparvado o formación de arcos; trilla, venteado y limpieza del grano; secado; selección, envasado y almacenamiento.

Para Aroni (2005) la cosecha de la quinua tiene una serie de etapas que comprende: corte, secado, trillado y venteado; cada una de estas etapas debe ser manejada bien para obtener que los granos sean de buena calidad con menor contenido de granos inmaduros sin mezclas con otros ecotipos y libres de impurezas para minimizar los costos de procesamiento.

Nieto y Vimos (1992) explican que la cosecha de la quinua es una de las etapas más críticas debido a que debe realizarse con debita oportunidad para evitar no solo las pérdidas por vientos o ataque de aves, sino por el deterioro de la calidad del grano. Si luego de la madurez del cultivo hay un exceso de humedad ambiental, se produce la germinación de los granos en la panoja esto puede causar pérdida en la cosecha.

Estudios realizados por Marca *et al.* (2011) sostienen que la cosecha es una de las etapas que necesita de mucho cuidado. Además, requiere de una planificación anticipada y adecuada donde se debe considerar la madurez fisiológica de plantas más de 50.0% para iniciar la cosecha (hojas basales del tallo y de las panojas amarillentas). El buen manejo de la cosecha está orientado para evitar o disminuir los daños, deterioro y pérdida de grano en todas las etapas de la cosecha a fin de garantizar la calidad de grano. Después de corte o arrancado se efectúa el emparvado o la formación de arcos con la finalidad de completar la maduración de granos, secado de tallos, hojas y proteger de la lluvia y de las aves.

La cosecha de quinua en el Altiplano Sur, es efectuada de tres maneras: un 57.0% de los productores realiza el arrancado, el 42.0% hace el segado o corte con hoz, y un 2.0% usa motosegadora (Aroni *et al.* 2009).

### **2.5.1. Determinación del momento de la cosecha**

Quiroga *et al.* (2014) recomiendan que la cosecha se realice cuando las plantas han alcanzado su madurez fisiológica, del mismo modo su coloración cambia de verde a amarillenta, rojizo, púrpura, rosado y negro según los ecotipos o variedades. Sin embargo, el grano en su madurez fisiológica tiene una humedad entre 10.0 a 13.0% y la planta está entre 16.0 a 20.0% de humedad.

Según FAO (2011) la cosecha depende de varios factores: como variedades de quinua que no llegan alcanzar en el mismo tiempo a la madurez fisiológica, tipo de suelo, humedad y temperatura del ambiente. Otros parámetros que determinan para la cosecha de la quinua es cuando las plantas y las hojas cambian de una coloración amarillenta o rojiza dependiendo de la variedad.

### **2.5.2. Métodos de la cosecha**

Aroni (2005), demostró que en el Altiplano Sur de Bolivia existen tres formas de cosecha: arrancado tradicional, corte con hoz y corte semimecanizado. La cosecha arrancada desde la raíz tiene mayor contaminación con tierra y tendrá un alto costo en el beneficiado. Por el contrario el corte con hoz ayuda a la conservación del suelo y el éxito de esta práctica depende en el momento oportuno para el corte de las plantas para evitar la pérdida de granos durante el manipuleo, y el corte semi mecanizado es más rápido la cosecha de quinua entre dos operadores al día pueden cosechar aproximadamente 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> ha y dos personas realizan el emparvado, el combustible que gastaría es 20 litros de gasolina y 1 litro de aceite.

La cosecha puede realizarse en forma manual (siega, emparve, secado y trillado), o en forma mecanizado con una cosechadora combinada (siega y trilla en una sola operación). En el caso de la cosecha mecanizada, se utiliza un cabezal similar a los de sorgo, aunque el uso de plataformas normales da también buenos resultados (Moreno y Sánchez, 2013).

### **2.5.3. Emparve**

El emparvado de la quinua consiste en apilar las plantas segadas, en forma de arcos o parvas con la finalidad de secar las plantas y panojas. De esta manera se evita que se malogre la cosecha. Las parvas deben permanecer en el campo el tiempo estrictamente necesario, de lo contrario se intensificara el ataque de roedores y aves (Quiroga *et al.* 2014).

### **2.5. 4. Post cosecha de la quinua**

La cosecha y pos cosecha constituyen actividades de mucha importancia en todo el proceso productivo del cultivo de la quinua. De estas actividades depende la calidad de grano, la incorporación de materia orgánica al suelo y la reducción de los costos de procesamiento. La cosecha y pos-cosecha comprende las labores de corte, secado, trilla, venteo y almacenamiento del grano. Con la aplicación de buenas prácticas en estas labores se logra obtener un grano que cumplan los parámetros de calidad (FAO 2011).

Las etapas básicas del proceso al cual es sometido el grano una vez efectuada la cosecha y antes de llegar a su destino final, sea para consumo directo o para ser incorporado a la cadena de producción agroindustrial, para la producción de algún bien derivado de la quinua, como galletas, fideos, muesli y otros, han sido descritos y sistematizados desde operaciones post cosecha con tecnologías tradicionales, intermedias e industriales: Recolección, pre secado en parvas, trilla, limpieza, secado, almacenamiento y desamargado (ALADI - FAO 2014).

### **2.5.5. Trilla**

Aroni (2005) demostró que en el altiplano sur de Bolivia existen diversas formas de trilla: manual, semimecanizado, mecanizado y trilla directa. La trilla manual requiere bastante mano de obra, mientras en el semimecanizada utilizan autos o tractores para efectuar la trilla (pisado). En la trilla mecanizada utilizan trilladoras como la Vencedora, Alvan Blahs, que al ser ajustada en un sistema de desgrane y zarandas y tubo un rendimiento 10 qq/hr y 7 qq/hr, la trilla directa consiste en cosechar granos

con 13.0% de humedad, cortando y trillando simultáneamente en el mismo día lo que evita la contaminación con piedrecillas y excrementos de roedores.

La trilla por lo general se realiza en forma manual (tradicional), separando los granos de las inflorescencias; para ello se golpean las plantas sobre manteles con palos curvos (huajtanas), realizando luego el zarandeo para separar los granos de la broza. Finalmente se procede al venteo (limpieza) para separar los granos del resto de la cosecha (Rojas *et al.* 2010).

Flores *et al.* (2010) indican, la trilla es llamada también, golpeo o garroteo. Se efectúa sacando las panojas secas de la parva; la cual se extiende sobre mantas ya preparadas. Luego, se procede a efectuar el golpeo de las panojas colocadas en el suelo, cuyos golpes permitirán desprender el grano de la inflorescencia. Por el contrario en el caso de usar trilladoras estacionarios, se colocan panojas secas a la entrada de la trilladora para que la maquina realice el trillado.

La trilla a nivel general en el altiplano Sur de Bolivia se caracteriza por efectuarse de manera semimecanizada en un 78.0%, manual en un 19.0% y solo 3.0% mecanizada (Aroni *et al.* 2009).

#### **2.5.6. Venteado**

Una vez producida la trilla, el grano y la broza fina quedan juntos. Esta labor consiste en separar (fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencia y pequeñas ramas), aprovechando las fuertes corrientes de viento, que les permite separar con mucha facilidad. Actualmente, existen venteadores mecánicos manuales o propulsados por un motor, que permite separar el grano del jipi facilitando a los productores (Flores *et al.* 2010).

El venteo en la producción de quinua se efectiviza de forma semimecanizada en un 52.0% y de manera manual en un 47.0%, solo el 1.0% de los productores usa venteadoras con motor en el Altiplano Sur de Bolivia (Aroni *et al.* 2009).

### 2.5.7. Clasificación

Según Moreno y Sánchez (2013) el grano de la quinua se clasifica de acuerdo al tamaño: los granos pequeños de 1.4 mm para la molienda y productos transformados a partir de harina; los medianos entre 1.4 a 2.0 mm para transformación de hojuelas, sémolas, expandidos de quinua, quinua pop y otros usos y los mayores a 1.7 mm y extra grandes (2.0 mm) son para granos perlados y embolsados.

Hay empresas beneficiadoras que cuentan con la clasificadora de granos que clasifican por tamaño mediante dos juegos de zaranda intercambiables de diferentes dimensiones permitiendo inclusive clasificar diferentes variedades de quinua (Quiroga *et al.* 2014). La clasificación de los granos está dada en el siguiente Cuadro 3.

**Cuadro 3 Determinación del tamaño de los granos de quinua en función del diámetro promedio.**

Tamaño de grano	Diámetro promedio de los granos, expresado mm	Malla
Extra grande	$\geq 2.0$	85% retenido en la malla ASTM 10
Grande	Entre 2.0 a 1.70	85% retenido en la malla ASTM 12
Mediano	Entre 1.70 a 1.40	85% retenido en la malla ASTM 14
Pequeño	$\leq a 1.40$	85% que pasa por la malla ASTM 14

Fuente: IBNORCA, NB / NA 0038: 2007

### 2.6. Beneficiado de quinua

Según Quiroga *et al.* (2014) las quinuas cosechadas no son uniformes en el tamaño de grano, variando en promedio entre 1.2 mm a 2 mm de diámetro; además contienen impurezas (especialmente, ramas pequeñas, piedrecillas, así como granos

quebrados e inmaduros), por tanto el beneficiado de la quinua tiene una serie de etapas: selección, remoción de impurezas, remoción de saponinas por vía húmeda y combinada para que cumpla con los estándares de calidad.

Según IICA (2014) la quinua para el consumo humano debe pasar por un proceso de beneficiado que consiste en la eliminación de la saponina y la limpieza de las impurezas como pequeñas piedrecillas.

Al respecto Aroni *et al.* (2009) explican que hay dos tipos de beneficiado, el tradicional y mecanizado. En el beneficiado tradicional benefician cantidades menores de 0.25 a 1 qq/día, por el contrario las industriales pueden beneficiar entre 20 a 100 qq/día y además cumplen con normas de buenas prácticas de manufacturas.

### **2.6.1. Saponinas**

Según FAO (2011) las saponinas están en muchas especies vegetales, en la quinua la saponina varían de 0.1% a 5%; y se encuentran en la parte del pericarpio del grano que le da un sabor amargo, además es soluble en agua y forma espuma. Por esta razón se debe eliminar la saponina para el consumo y para la industria.

Gandarillas (1982) citados por Villacrés *et al.* (2011) determinaron que las saponinas son compuestos químicos del tipo esterol o triterpenoides, que están situadas en el pericarpio del grano; que es el principal factor anti nutricional que le da un sabor amargo al grano de la quinua. Estos glucósidos pueden causar hemólisis en los eritrocitos y son tóxicos para animales que son de sangre fría, en tanto que las propiedades de las saponinas es formar abundante espuma en el momento del lavado.

Moreno y Sánchez (2013) sostienen que las saponinas son compuestos químicos glucósidos tóxicos presentes en el pericarpio del grano de la quinua que le da un sabor amargo y tiene propiedades antinutricionales, que pueden ser utilizados en las industrias de farmacéuticos.

Los mismos autores mencionan sobre la remoción de saponina, que se realiza mediante el lavado, este consiste de lavados sucesivos del grano, pero presenta dos inconvenientes: el elevado costo de secar el grano, y la formación de espuma, también mencionan otros dos métodos que son: el escarificado en seco que elimina la cascara por fricción, por calor, pretostando y someténdolo posteriormente a un cepillado o escarificado. En general, los métodos secos son económicos y no causan contaminación.

Villacorta y Talavera (1976) y Prado et al. (1996) y Jiménez *et al.* (2010) citados por Quiroga *et al.* (2014) establecen que las saponinas se encuentran localizadas en la primera capa del pericarpio las mismas que están compuestas por cuatro capas, la capa externa es rugosa, quebradiza y seca y puede ser parcialmente removida por métodos abrasivo, lavado o utilizando soluciones alcalinas acidas. Otros autores coinciden al señalar que durante el beneficiado se elimina la saponina que se encuentra localizado en el pericarpio del grano que da un sabor amargo, químicamente es un compuesto terciario (C, H y O) de elevado peso molecular, neutras o ligeramente ácidas, abarca dos grupos de glúcidos vegetales (Mujica *et al.* 2006).

Para Tapia *et al.* (1979) las saponinas se encuentran en la primera capa externa del grano o propiamente llamado pericarpio y es de naturaleza celulósica, impermeable al agua. En este pericarpio se encuentra localizado un glucósido que tiene la función de hidrolizar las células y hacerlas permeables. Otros autores como Villacorta y Talavera (1972) denominan episperma a todas las capas que recubren el grano, habiendo diferenciado hasta cuatro envolturas y mencionan que en la episperma se encuentran las saponinas que le dan un sabor amargo al grano.

Guçlu-Ustundag y Mazza (2007) citados por Quiroga *et al.* (2014) explican que en la actualidad es posible encontrar variedades y ecotipos de quinua denominadas amargas, semidulces y dulces. Esta clasificación se basa en el contenido de saponina que en términos generales varía entre 0.0 a 3.0% en granos secos. Las denominadas quinuas amargas contiene entre 1.0% a 3.0% de saponinas, las semidulces entre 0.1% a 1.0% y quinuas dulces entre 0.0% a 0.1%.

### **2.6.2. Desaponificación**

Para Mujica *et al.* (2006) la desaponificación de quinua incluye el escarificado y la extracción de saponina por varias vías: seca, húmedo y seca-húmedo. Por su parte, Quiroga *et al.* (2014) indican que la desaponificación o la remoción de las saponinas es una de las etapas más importantes del beneficiado del grano de la quinua; en los últimos años se han desarrollado tecnologías apropiadas para la remoción de saponinas sin causar daños, ni pérdidas de sus propiedades nutricionales.

### **2.6.3. Desaponificación por vía seca**

Las pruebas para la desaponificación por vía seca según Mujica *et al.* (2006) consiste en aplicar una maquina pulidora que separa el pericarpio del grano en forma de polvillo (75.0 a 95.0% de saponina); este método es económico, pero no se logra eliminar toda la saponina del grano si se emplea más tiempo de pulido puede desnaturalizarse la calidad del grano como producto final.

### **2.6.4. Desaponificación húmedo**

Tapia *et al.* (1979) describieron, el proceso húmedo, que radica en lavar con agua los granos de quinua repetidas veces, haciendo fricción con las manos o sobre una piedra para facilitar la eliminación de la saponina. Este proceso tradicionalmente realizaban los campesinos y las amas de casa.

El lavado de los granos de quinua en máquinas tipo lavadora, se basan en principios físicos de agitación y de turbulencia. La relación volumétrica agua (litros), granos de quinua (kilos), tiempo de remojo, duración y agitación o turbulencia y temperatura de agua, son factores determinantes para una escarificación y desaponificación satisfactorio (Mujica *et al.* 2006).

### **2.6.5. Desaponificación vía seca y húmeda**

Según Mujica *et al.* (2006) el método más recomendable para eliminar las saponinas del grano de quinua, es el método combinado; primero se escarifica ligeramente la

quinua, eliminando el mayor porcentaje de saponina, por un periodo adecuado: 1 kg en 12 segundos, luego se lava brevemente durante 8 minutos para eliminar el resto de la saponina con bajos niveles de agua siendo este grano apto para el consumo humano con un porcentaje de saponina de (0.06 – 0.12%) denominado grano perlado.

Bacigalupo y Tapia (2000) citados por Quiroga *et al.* (2014) indican que la remoción de saponinas por las culturas andinas, ha sido efectuado por varios medios entre ellos están, el lavado, aplicación de temperaturas y agentes químicos. Hoy en día, estos principios siguen vigentes, aunque los sistemas manuales han sido mecanizados parcial o totalmente para la eliminación de saponinas. En la región andina, la mayoría de las variedades son de grano amargo por tanto estos deben ser escarificados y lavados para el consumo.

## **2.7. Definición y procesos de transformación de la quinua**

La quinua constituye un cultivo nativo de mucha importancia para la alimentación en la zona andina, es necesario darle la prioridad necesaria en la investigación desde el punto de vista agroindustrial para realizar el uso adecuado de sus enormes potencialidades, a través de una transformación industrial que permita valorar verdaderamente estos productos (Mujica *et al.* 2006).

### **2.7.1. Características industriales del grano de quinua**

Alcocer (2007) citados por Aroni (2009) realizó estudios para determinar el uso industrial de la quinua y determinó algunas cualidades que hacen la diferencia de los granos de quinua en comparación a otros cereales.

**Cuadro 4. Diferencias de las características entre los granos de quinua y los cereales.**

Cereales	Quinua
Posee gluten lo que facilita el amasado	No poseen gluten lo que dificulta el amasado, ya que no forma liga
El gluten produce alergias intestinales a personas sensibles a este elemento	No produce alergias porque contienen proteínas completas
No poseen aminoácidos esenciales	Son ricas en aminoácidos esenciales
La calidad de la fibra no es muy apreciable	La cantidad y calidad de fibra dietética es fundamental
La parte del germen está bien cubierta por lo que tratamientos posteriores de molienda no dañan el germen	El germen está casi a la superficie y distribuido alrededor del endospermo en forma de anillo por lo que durante el procesamiento se debe tener mucho cuidado.

Fuente: Alcocer 2007 citados por Aroni (2009)

## **2.8. Procesamiento de la quinua (Agroindustria)**

Los productos derivados del beneficiado y procesamiento industrial son la quinua perlada, graneado, hojuelas, harina, expandido, colorantes, pastas, extruidos y otros (Mujica *et al.* 2006).

Industrialmente la quinua es un problema, ya que los granos deben someterse a operaciones de lavado o fricción antes de emplearlo en la elaboración de productos. A este producto se le denomina “desaponificado”, porque se le elimina la saponina (PROINPA 2004).

Estudios realizados por Villacrés *et al.* (2011) la quinua trasformada se puede aprovechar mejor sus cualidades nutritivas, mejora la disponibilidad de nutrientes, facilita la preparación de los alimentos. Los productos transformados del grano son: expandidos, granolas, barras energéticas, harina, leche, hojuelas, extruidos, almidones, colorantes, saponina, concentrados proteicos, germinados, bebidas malteadas, fideos y etc.

Según Aroni *et al.* (2009) la quinua tiene enorme potencialidad de uso en forma transformada, pero las investigaciones recién se ejecutan para conocer con precisión cuales son las variedades más adecuadas para cada línea de estos procesos, ya que en la actualidad la agroindustria utiliza cualquier variedad genética de la quinua que se dispone en la zona andina para la transformación de los diferentes productos.

Para IICA (2014) la transformación se realiza a partir de la quinua desaponificada libre de saponina, que pueden ser transformados en diferentes derivados de quinua como ser: harina, hojuelas, pipocas y extrusados. En Bolivia la industria de productos transformados de quinua para el mercado local es incipiente, la mayor parte de los productos transformados de quinua es destinada a mercados o instituciones como desayunos escolares o con fines de exportación.

### **1) Quinua perlada**

Según Mujica *et al.* (2006) la quinua perlada es el grano desaponificado, seleccionado por medios fisicoquímicos y mecánicos, siendo esta apta para el consumo humano; es decir, libre de impurezas y sustancias antinutricionales, como es la saponina. Además para obtener la quinua perlada deben pasar por un proceso desaponificado, el cual puede ser de diferentes maneras existiendo escarificado mecánico o vía seca y escarificado combinado.

### **2) Hojuelas de quinua**

Los granos perlados son humedecidos (con 15 a 16% de humedad), para posteriormente ser sometidos a presión de dos rodillos y tomar la forma de láminas circulares, obteniéndose hojuelas muy finas que conservan la mayor cantidad de proteínas y su tiempo de cocción es menor. El uso de las hojuelas es para sopas, desayunos, jugos y otros (PROINPA 2004).

Según IICA (2014) las hojuelas de quinua se obtienen de granos que son sometidos a una presión con un rodillo giratorio que transforma en forma de láminas y se consumen en forma similar a la avena. Al respecto Quiroga *et al.* (2014) indican que las variedades dulces conservan mejor la integridad de las hojuelas, en cambio las

amargas tienden a desintegrarse y forman mayor porción de partículas finas o sémolas.

Los granos de quinua perlada pueden ser sometidos a un proceso de laminado a una presión en el cual se les da una forma aplanada. Este producto se conoce en el mercado como hojuelas y se caracteriza porque no contiene gluten; tiene alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales; presenta equilibrio de aminoácidos con alto contenido de lisina (Salcines 2009).

### **3) Harina de quinua**

Los granos perlados son sometidos a molienda y tamizados, mediante molinos acondicionados, para obtener una harina de buena calidad, aunque hay una ligera disminución del contenido de proteínas especialmente por la separación del embrión. La harina puede emplearse como sustituto de la harina de trigo hasta en un 20 a 25% para procesos de panificación, galleterías y repostería, sin desmejorar la textura y sabor del producto final (PROINPA, 2004).

La harina de quinua se puede emplear casi en todos los productos de la industria harinera, se puede adicionar hasta 40% de harina de quinua en el pan, 40% en las pastas, 60% en bizcochos y hasta 70% en galletas (Mujica *et al.* 2006).

### **4) Pasta de quinua**

Las pastas constituyen alimentos completos y recomendables para una alimentación sana y equilibrada. Su capacidad de conservación, fácil preparación culinaria y la enorme variedad de platos que se pueden preparar con ello, justifican su consumo (Moreno 2007, citados por Villacrés *et al.* 2011).

Para Rojas *et al.* (2010) las pastas son simplemente mezclas de harina de quinua de 25.0 a 30.0% con harina de trigo de 75.0% a 70.0% para la elaboración de fideos y que pueden ser por extrusión en frío o laminado.

Bergesse *et al.* (2015) mencionan que las pastas son alimentos que se consumen en todo el mundo por sus cualidades nutricionales que tiene como fuentes importantes: carbohidratos, proteínas y vitaminas, éstos son elaborados con diferentes porciones de harina: harina de trigo, harina integral de quinua y salvado de avena.

## **2.9. Otros productos**

Villacrés *et al.* (2011) mencionan una serie de productos transformados de quinua: elaboración de bebidas nutritivas a base de quinua malteada, quinua expandida, elaboración de una granola de quinua, barras energéticas de quinua, quinua fermentada, galletas de quinua, extruidos y laminados a base de quinua. Mujica *et al.* (2006) complementan que los productos elaborados a base de quinua también se tienen, almidón, malteada, colorantes naturales y saponinas.

### **1) Quinua expandida (pop quinoa)**

Los expandidos de quinua denominados también insuflados, donde los granos perlados son sometidos a elevadas presiones y temperaturas dentro de una cámara (cañón), para aumentar de volumen. Este producto puede obtener una cobertura de diferentes sabores para su consumo inmediato; la desventaja es que pierden más del 60.0% del contenido de proteína (PROINPA, 2004).

### **2) Leche de quinua**

Para Mujica *et al.* (2006) la leche de quinua se elabora a partir de la harina de quinua en la cual se diluye 33 g de harina en 300 ml de agua, luego se agita por 10 minutos, para disolver la mezcla, después se hace el filtrado para eliminar partículas de mayor tamaño, luego se pasteuriza a 75 °C por 10 minutos, sin dejar de mover y finalmente se realiza varias tamizadas para obtener un producto más fluido.

### **3) Malteado de quinua**

El malteado se obtiene a partir de quinua perlada previamente remojada, luego someterla a germinación en una incubadora a una temperatura de 20 °C por 3 días, para posteriormente secar en una estufa a 60 °C por 5 horas, finalmente se envasa en bolsas de polietileno (Mujica *et al.* 2006).

### **4) Néctar de quinua**

Investigaciones realizadas por Mujica *et al.* (2006) demuestran que para obtener néctar de quinua solamente se requiere la adición de frutas de pulpa y algunos insumos como ácido cítrico. Para obtener el néctar de quinua se elabora con 30 g de harina de quinua y diluir en 300 ml de agua, después se agrega como insumo CMC 1.5 g de ácido cítrico 1 g, azúcar aproximadamente 10 g. Posteriormente se somete a ebullición a 85 °C por cinco minutos sin dejar de mover y hacer filtrar para homogenizar el producto y almacenar en un lugar fresco.

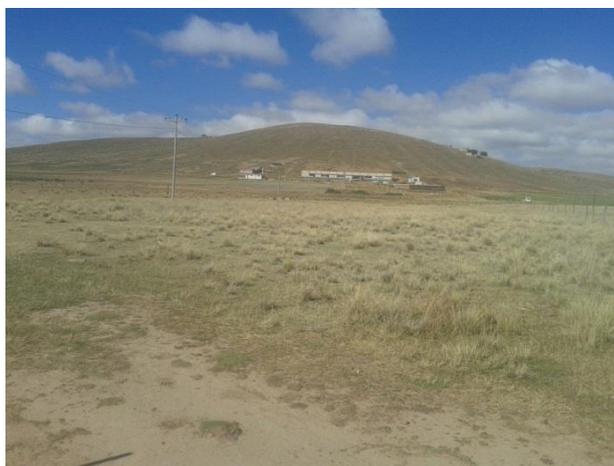
## **2.10. Flujograma**

Flujograma es un esquema que muestra la secuencia de un proceso, para el caso de la quinua amarga se ha desarrollado el flujograma, de la misma forma para la transformación de grano beneficiado (Mujica *et al.* 2006).

## **3. LOCALIZACION**

### **3.1. Ubicación geográfica**

El trabajo de quinua beneficiado y transformado en hojuelas de quinua se realizó en el Centro de Investigación de K'iphak'iphani dependiente de la Fundación PROINPA, la misma que se encuentra a 4.0 km de la ciudad de Viacha. Esta comunidad pertenece a Municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz; situada a 16°40'30" Latitud Sur y 68°17'58" de Longitud Oeste a una altitud de 3880 m.s.n.m.



Fotografía 1. Fundación PROINPA zona K'iphak'iphani

## **3.2. Características ecológicas**

La topografía de la zona de K'iphak'iphani corresponde al paisaje aluvial no inundable y aluvial inundable, las parcelas de cultivo, en la mayoría se encuentran en suelos con pendientes que varía ente 1.0% a 5.0% por estar localizado en pie de monte.

### **3.2.1. Clima**

La zona de Kíphakíphani tiene un clima frío y seco en los meses de Marzo a Septiembre y de Septiembre hasta Febrero tiene un clima templado y una temperatura que llega a 18 °C y la mínima hasta 9 °C; pero la estación lluviosa se presenta a partir de Octubre. Sin embargo, con el cambio climático en los últimos dos años (2015 a 2016) las lluvias recién estuvieron lloviendo en el mes de Febrero, afectando el ciclo productivo de los cultivos; la poca humedad existente en el suelo se evapora rápidamente por la intensidad de radiación solar.

### **3.2.2. Suelo**

Los suelos del Centro de K'iphak'iphani se clasifican en: franco limoso, franco arcilloso a franco areno y tiene una fertilidad natural de moderada a baja. La materia orgánica oscila de baja a muy baja, además tiene una reserva de pradera nativa para pastoreo de llamas.

### 3.2.3. Vegetación

La vegetación natural y cultivable en el Centro de K'iphak'iphani, está conformado por especies arbustivas, herbáceas y plantas anuales y cultivables.

Las praderas naturales y especies que dominan son: Sikuya (*Stipa ichu*), Chilliwa (*Festuca dolychophylla*), Cebadilla (*Bromus unioloides*), Chiji blanco (*Distichlis humilis*), Cola de ratón (*Hordeum muticum*), Layu (*Trifolium amabile*), Diente de león (*Taraxacum officinalis*), Reloj reloj (*Erodium cicutarum*), Sillu sillu (*Alchemilla pinnata*), Trébol carretilla (*Medicago hispida*), Mostaza (*Brassica campestris*) Qhana paqu (*Sunchus oleraceus*) Papa silvestre (*Solanum caule*).

Las especies arbustivas perennes que existe en el Centro de K'iphak'iphani con fines de investigación son: Espina de mar (*Hippophae rhamnoides*), Supo t'ola (*Parastrephia lipidophylla*), Uma t'ula (*Parastrephia lucida*), Atriplex (*atriplex sp*).

Las especies cultivables son: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*), Papa (*Solanum tuberosum sp. Andigenum*), Cebada (*Hordeum vulgare*), Alfalfa (*Medicago sativa*), Vicia (*Vicia sativa*), Tarwi (*Lupinus mutabilis*), Q'ila q'ila (*Lupinus ssp*), Pasto llorón (*Eragrostis curvula*).

### 3.2.4. Ganadería

En la zona existe la crianza de vacunos y ovinos con predominancia, sin embargo, el Centro de Investigación K'iphak'iphani mantiene un plantel de camélidos sudamericanos que incluye diferentes razas y fenotipos de llama (*Lama glama*), alpacas (*Vicugna pacos*) e individuos híbridos entre las dos especies, los mismos que tienen la finalidad de investigación.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Materiales

#### 4.1.1. Material biológico

El material biológico constituyó 10 variedades comerciales de quinua, de las cuales, seis variedades son de quinua dulce y cuatro amargas; en el cuadro 5 se presentan sus características.

**Cuadro 5. Relación del material genético utilizado: variedades comerciales con sus características de color de planta, tipo de inflorescencia y clase de grano.**

Variedades	Color de Planta	Tipo de Inflorescencia	Grano	Color de grano	Tamaño de grano
Jacha grano	Verde	Glomerulada	Amargo	Crema	Grande
Kurmi	Púrpura	Glomerulada	Dulce	Crema	Grande
Intinaira	Verde	Glomerulada	Dulce	Amarillo	Grande
Blanquita	Verde	Glomerulada	Dulce	Blanco	Pequeño
Patacamaya	Verde	Glomerulada	Dulce	Blanco	Grande
Chucapaca	Rojo	Glomerulada	Dulce	Blanco	Mediano
Surumi	Púrpura	Glomerulada	Dulce	Rosado	Grande
Maniqueña	Verde	Amarantiforme	Amargo	Blanco	Grande
Selección. Pandela	Púrpura	Glomerulada	Amargo	Rosado	Grande
Selección. Jacha Grano.	Verde	Amarantiforme	Amargo	Crema	Grande

#### 4.1.2. Material de campo

Hoz

Lonas

Nylon

Pitas de amarre

Tamizador de broza

Zarandas pequeñas

Bañadores de 8 l

Baldes de 10 l

Bolsas de 9 cm x 14 cm

Bolsas de 22 x 30 cm

#### **4.1.3. Material de laboratorio**

Tubos de ensayo de 10 cm<sup>3</sup>

Gradilla

Agua de grifo

Vernier digital

Balanzas digitales de precisión (0.1, 0.01)

Probeta de 10 cm<sup>3</sup>

Vaso precipitado de 500 cm<sup>3</sup>

Un juego de tamices para calibrar tamaño de grano

Tamiz para separar granos, partidos y separar sémolas.

#### **4.1.4. Material de escritorio**

El material de escritorio empleado en el trabajo estuvo conformado por marcadores indelebles, computadora, programa estadístico, software procesador de texto, hoja de cálculo, cuaderno de registro y una calculadora, cronometro y lápices.

#### **4.1.5. Equipos**

Escarificador experimental de quinua

Una máquina semi industrial laminadora de granos

Un equipo agraTronix MT- PRO para determinar la humedad del grano.

### **4.2. Metodología**

#### **4.2.1. Cosecha**

La cosecha de las variedades de quinua fue gradual en función a la madurez fisiológica. El material cosechado fue secado en condiciones ambientales de semi sombra.

#### **4.2.2. Análisis de pureza varietal**

Para determinar la pureza varietal de las variedades, se ha tomado al azar 100 plantas individuales, los mismos que fueron enumeradas correlativamente e identificadas según variedad. Las plantas fueron secadas en semi sombra hasta el momento de trilla.

En las variedades de quinua amarga la presencia de saponina se evaluó por el método de espuma; donde se utilizaron los tubos de ensayo con agua de 10 a 15 ml; luego a los tubos de ensayo se introdujeron aproximadamente 0.3 g de grano obtenidos de la panoja, inmediatamente se agitó vigorosamente por algunos segundos y se observó la formación de espuma, además en esta variedad de quinua amarga también se encontraron la ausencia de saponina en algunas plantas.

De la misma manera se evaluó para las variedades dulces la presencia o ausencia de saponina; en la cual también se encontraron poca o ninguna formación de espuma pero en algunas plantas se observó la formación de espuma (amarga), lo cual fue relacionado con la pureza de la variedad.

#### **4.2.3. Trilla**

La trilla se realizó en forma manual empleando solamente el material 100% amargo por una parte y 100% dulce por otra parte. Las plantas secas se han colocado sobre lonas dispuestas en el piso donde se pisoteó las panojas para desprender el grano de la inflorescencia. Luego se retiró los tallos y se realizó la limpieza manualmente, utilizando zarandas de 0.46 m x 0.64 m para separar pequeñas ramas del grano de la broza (fragmentos de hojas, pedicelos, inflorescencias) a través del venteado. El grano obtenido y limpio se conservó en bolsas de 22 x 30 cm con sus respectivos nombres de cada variedad.

#### **4.2.4. Almacenamiento**

Una vez trillado las diez variedades con sus respectivas réplicas se procedió a realizar el almacenamiento con una humedad de 6.5% a 10.3%

#### **4.2.5. Clasificación de granos**

Una vez obtenido el grano limpio de las distintas variedades, se procedió a tomar muestras representativas de 100 g de grano para clasificar de acuerdo al calibre o tamaño, para esto se empleó un juego de tamices establecido para cuatro tamaños. El juego de tamices se diferencian por color blanco =2.5 mm, amarillo =2 mm, celeste =1 mm y verde < 1 mm. Una vez separado el grano según calibre o tamaño, se procedió a registrar el peso por cada categoría de grano (extra, grande, mediano y pequeño).

#### **4.2.6. Peso hectolítrico**

El peso hectolítrico, en las diez variedades de quinua comercial se realizó con sus respectivas réplicas, en la cual la muestra de grano se colocó a una probeta de 10 ml sin presionar, luego se pesó en una balanza digital de precisión (0.1, 0.01) para registrar los datos de cada variedad y se expresa en kg/ 100 litros.

#### **4.2.7. Beneficiado**

El proceso de beneficiado se realizó con las diez variedades de quinua comercial, por varias etapas que han sido sometidos a operaciones de limpieza y selección (clasificación, escarificado, lavado, secado y/o despelado), resultando un producto para consumo humano como grano perlado.

#### **4.2.8. Desaponificación por vía seca y húmeda**

El proceso de la desaponificación de los granos de la quinua se realizó por dos vías seca y húmeda. El proceso de escarificado se realizó con la escarificadora experimental en seco. El proceso vía húmeda se realizó mediante lavado manual por varias etapas y con cambios sucesivos de agua hasta eliminar la espuma.

#### **4.2.9. Escarificado con un equipo semi industrial (desaponificación en seco)**

Los granos de las diez variedades de quinua comercial entraron a un proceso de escarificado secuencial por variedades y bajo similar cantidad de entrada de material y tiempo de escarificado. Se ha tomado registro de peso de ingreso y salida del grano de la escarificadora para la evaluación de pérdida de peso en el proceso de escarificado.

#### **4.2.10. Lavado manual (desaponificado en húmedo)**

En el lavado manual o artesanal se utilizaron bañadores de plástico, agua de grifo, vaso precipitado de 500 ml para medir el volumen de agua, telas para secado, cronómetro para determinar el tiempo de lavado, baldes de 10 litros, cuadernos de registro, lápiz, marbetes para anotar sus nombres de cada variedad y bolsas de yute para el secado. Se dio el mayor énfasis a la cantidad de agua que se utilizó para completar la eliminación de la saponina en los granos previamente escarificados de quinua amarga y quinua dulce.

#### **4.2.11. Volumen de agua empleado para quinua amarga**

El grano pulido, venteado y evaluado la pérdida de peso, se vació en un bañador de plástico de una capacidad de 18 litros para completar la eliminación de saponina. Se inició el lavado con la aplicación de 600 cm<sup>3</sup> agua, el agua y el grano fueron homogenizados y una vez remojado la superficie del grano se inició al frotado del grano húmedo entre las palmas de las manos y a los primeros movimientos rápidamente se forma la espuma (saponina).

Después se procedió a cambiar el agua en la cual se utilizó otros 600 cm<sup>3</sup> de agua de la misma manera se empezó a frotar los granos hasta que se forme la espuma; posteriormente se colocó otros 600 cm<sup>3</sup> de agua para separar el grano de la espuma, en esta oportunidad se observó menos formación de espuma con respecto a la primera, una vez escurrido la espuma se procedió al cuarto frotado y en esta oportunidad la formación de espuma fue muy poca que al poner los 600 cm<sup>3</sup> de

agua, la espuma se desvaneció y se procedió a probar el agua y se comprobó que el agua no presentó sabor amargo.

Finalmente se colocó otros 600 cm<sup>3</sup> de agua para sacar las piedrecillas y con esto se completó la eliminación de la saponina.

#### **4.2.12. Volumen de agua empleado en quinua dulce**

En las variedades de quinua dulces se cambió dos veces el agua para remover la saponina, en el primer frotado se observó poca formación de espuma y en la segunda ya no hubo formación de espuma y por último se cambia el agua para eliminar las piedrecillas.

#### **4.2.13. Clasificación de grano después del beneficiado**

Una vez obtenido el grano beneficiado como grano perlado, se procedió a tomar muestras representativas de 50 g de grano de cada variedad para clasificar el tamaño, para ello se utilizó los juegos de tamices establecidos para cuatro tamaños. Una vez separado el grano según calibre o tamaño, se procedió a registrar los pesos de cada categoría de grano.

#### **4.2.14. Grano beneficiado**

Una vez secado el grano lavado, se procedió a almacenar en el almacén de grano para posteriormente laminar el grano en una laminadora semi industrial a rodillos accionado por un motor eléctrico.

#### **4.2.15. Porcentaje de humedad en los granos**

El porcentaje de humedad en los granos de cada variedad se determinó con un equipo digital determinador de humedad, con tres repeticiones para cada lectura prevista.

#### **4.2.16. Transformación y laminado en hojuelas de quinua**

Los granos de las distintas variedades con humedad apropiada se sometieron al laminado siempre teniendo cuidado para evitar que no se mezcle con otras

variedades, para lo cual la limpieza de rodillos se realizó cada vez que se cambiaba de variedad durante el proceso de laminado.

#### **4.2.17. Diámetro de las hojuelas**

Para medir el diámetro o tamaño de las hojuelas se utilizó el instrumento digital vernier de las que se tomó veinte hojuelas al azar de cada variedad y se procedió a medir las hojuelas en milímetros.

#### **4.2.18. Tamizado de hojuelas**

El tamizado de hojuelas se realizó después del secado bajo sombra, para separar las hojuelas de la sémola registrando los pesos correspondientes a la hojuela y a la sémola en gramos.

#### **4.2.2. Diseño experimental.**

El diseño experimental adoptado para evaluar las variables cuantitativas fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones, siendo los tratamientos las variedades de quinua y los bloques los periodos de lavado del material y también los periodos en que se realizó el laminado.

Según Gonzales (1985) para un diseño de bloques completos al azar, la descripción del modelo lineal aditivo, está dado por.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \rho_j + \beta(X_{ij} - X_{...}) + \varepsilon_{ij}$$

*Dónde:  $\mu$ : media*

*$X_{ij}$ : variable independiente*

*$Y_{ij}$ : variable dependiente*

*$\tau_i$ : efecto de tratamiento*

*$\rho_j$ : efecto de bloques*

*$\beta$ : coeficiente de regresión*

*$\varepsilon_{ij}$ : error*

*$X$ : media de la variable independiente*

#### **4.2.3. Análisis estadístico**

El análisis estadístico de datos se realizó mediante la estadística descriptiva en caso de variables cualitativas y análisis de varianza en caso de variables cuantitativas,

procediéndose a realizar la prueba de Duncan cuando se encontró diferencias significativas a nivel estadístico.

### **4.3. Variables de respuesta**

#### **4.3.1. Porcentaje de pureza de variedades comerciales de quinua**

El porcentaje de pureza en variedades comerciales de quinua fue evaluada en base a la presencia o ausencia de saponina, para lo cual, se ha empleado las plantas cosechadas de las parcelas y secados bajo sombra integrada en total por 600 plantas individuales.

De esas plantas se ha tomado una muestra de grano (0.3 g aproximadamente) de cada uno; posteriormente se sometió al análisis de saponina por el método de la espuma.

El porcentaje de pureza fue registrado tanto para variedades de grano amargo como para las de grano dulce según el número de plantas dulces en el interior de las muestras provenientes de variedad amarga como también por el número de plantas de grano amargo provenientes de las variedades dulces.

#### **4.3.2. Clasificación de granos antes y después del beneficiado**

Las variables de categorización de granos antes y después del beneficiado se utilizaron los granos de las diez variedades de quinua obtenidas de 600 plantas por variedad de las que se tomaron cien gramos, luego se introdujeron a un juego de tamices y se clasificaron de acuerdo al calibre o tamaño de grano por cada variedad.

Con la clasificación del grano se ha registrado el peso de grano grande, mediano y pequeño para cada variedad y los valores obtenidos se han transformado a porcentaje de la muestra.

#### **4.3.3. Tiempo de escarificación por variedades**

Esta variable para tiempo de escarificación por variedades se midió con un cronometro; primero se depositaron los treientos gramos de grano en la tolva de la alimentación por variedad, una vez encendido el motor se abrió la compuerta de

entrada y se empezó a cronometrar el tiempo de escarificado hasta el último grano que sale del cilindro escarificador.

#### **4.3.4. Relación del uso de agua en el beneficiado entre quinua amarga y dulce**

Esta variable fue evaluada por la cantidad de agua empleada para completar la remoción de saponina. El volumen de agua empelado fue registrado en ml para cada variedad de quinua amarga y en las variedades de quinua dulce.

#### **4.3.5. Humedad del grano antes y después del beneficiado**

Esta variable de humedad del grano antes y después del beneficiado se midió con un equipo que determina la humedad de los granos con tres repeticiones de cada lectura y se expresa en porcentaje.

#### **4.3.6. Porcentaje de hojuela versus sémola**

Para esta variable de evaluación del porcentaje de hojuelas versus sémola se utilizó un tamizador que separan hojuelas y sémolas de cada variedad luego se registraron sus pesos para obtener el porcentaje de hojuelas y sémolas.

#### **4.3.7. Relación de volumen de grano-volumen de hojuela por variedad**

Para esta variable de evaluación se utilizó los granos beneficiados de las diez variedades, de las que se tomaron cien gramos representativos y se midió su volumen en una probeta. Esta muestra fue sometida al proceso de laminado. Posteriormente para calcular la variable de volumen de hojuelas de las diez variedades ya transformados de los cien gramos se midió el volumen que ocupa las hojuelas en la misma probeta.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **5.1. Porcentaje de pureza en quinua comercial**

#### **5.1.1. Análisis de variables cualitativas**

En el cuadro 7, se describe los resultados de la variable cualitativa para el porcentaje de pureza en las diez variedades de quinua comercial.

La variedad Maniqueña tiene 98.0% de plantas de grano amargo y 2.04% de plantas de grano dulce, seguido de la variedad selección Pandela que tiene un 99.4% de plantas de grano amargo y 0.58% de plantas de grano dulce. En tanto que la variedad Jacha Grano está integrada por plantas con grano amargo en un 100% de plantas muestreadas.

Considerando que las variedades Maniqueña y Pandela son amargas y su color de planta coincide con la descripción varietal, los porcentajes de grano dulce encontrados en dichas variedades se atribuyen a cruzamientos naturales con plantas dulces durante el manejo del cultivo a nivel de campo.

Las variedades que no tienen la presencia de polinización cruzada con grano dulce en las mismas parcelas aquellas son; Jacha Grano y Selección Jacha grano, estas dos variedades tienen 100% de planta de grano amargo en las parcelas cultivadas, lo que significa que el manejo de estas variedades fue apropiada para conservar la pureza varietal (aislamiento).

**Cuadro 6. Porcentaje de pureza genética en variedades amargas y dulces de quinua.**

Variedades	Genotipo	Nro.Pta DD	Nro.Pta dd	Nro. Pta. Total	DD %	%mezcla
Amargas						
Maniqueña	rrgg	528	11	539	98.0	2.04
Jacha grano	rrgg	600	0	600	100.0	0.00
Selección Jacha Grano	rrGG	600	0	600	100.0	0.00
Selección. Pandela	rprpgg	1034	6	1040	99.4	0.58
Dulces					dd%	
Intinaira	rrgg	28	572	600	95.33	4.7
Surumi	Ppgg	56	544	600	90.67	9.3
Chucapaca	RRgg	16	584	600	97.33	2.7
Patacamaya	rrgg	31	669	700	95.57	4.4
Blanquita	rrgg	17	583	600	97.17	2.8
Kurmi	rprpgg	24	576	600	96.00	4.0

Donde = DD= grano amargo; dd= grano dulce

En general, en las variedades de quinua amarga el porcentaje de pureza varía entre 100.0% y 97.06% y un promedio de 93%.

Según el porcentaje de pureza en las variedades dulces (cuadro 7) se puede diferenciar tres grupos. 1) la variedad que tiene mayor porcentaje de polinización cruzada con quinua amarga es la Surumi con 9.3% de plantas con grano amargo y 90.67% son plantas de granos dulces; 2) le siguen las variedades Intinaira con 4.7% de plantas de grano amargo y 95.33% son plantas de grano dulce y la Patacamaya tiene 4.4% de plantas de grano amargo y 95.57% son plantas de grano dulce y la Kurmi tiene 4.0% de plantas de grano amargo y 96.00% son plantas de grano dulce. Finalmente las variedades que tiene menor porcentaje de polinización cruzada son la Blanquita tiene 2.8% de plantas de grano amargo y 97.17% son plantas de grano dulce la variedad Chucapaca tiene 2.7% de plantas de grano amargo y 97.33% son de grano dulce.

Los resultados obtenidos para el porcentaje de pureza en las variedades de quinua dulce, encontramos que tiene mezclas de variedades con respecto a la presencia o ausencia de saponina (amargo o dulce), lo que varió entre 2.7% y 9.3% con un promedio de 4.65%. Las causas de contaminación de quinua amarga en el interior de las parcelas de quinua dulce se podrían atribuir al cruzamiento natural con una variedad amarga que estuvo sembrado cerca a la variedad dulce o podría ser por la segregación natural intra varietal.

Las mezclas mecánicas durante las labores de trilla, venteo y selección se podrían descartar puesto que el fenotipo de las plantas coinciden con lo descrito en la ficha de las variedades.

Según el trabajo realizado por PROINPA (2004), para evitar la polinización cruzada entre variedades, mencionan tres métodos de siembra: el aislamiento por espacio de parcela a parcela 30 metros. El aislamiento por tiempo consiste en sembrar con una diferencia de 15 días entre parcelas vecinas y por último el aislamiento por ciclos que consiste en el aprovechamiento de las diferencias en el ciclo productivo entre variedades de una diferencia de 15 días. Al respecto, INIAF (2014) bajo las normas de certificación de semilla sugiere el aislamiento espacial de 2.0 m pudiendo combinarse con otros sistemas de aislamiento como la precocidad de las variedades.

Las investigaciones realizadas sobre el porcentaje de polinización cruzada, Gandarillas (1976) citados por Tapia *et al.* (1979) determinaron que el porcentaje de polinización cruzada disminuyeron a medida que aumentó la distancia entre las plantas desde 9.9% de polinización cruzada a un 1.0 m de distancia y hasta 1.5% de polinización cruzada a 20 metros. Explican que la quinua es una especie de fecundación autógena ya que el porcentaje de alogamia no sobrepasa el 10%.

## 5.2. Clasificación por el tamaño del grano

### 5.2.1. Porcentaje de tamaño de grano grande

En el cuadro 7, se muestra el análisis de varianza (ANVA) de las diez variedades de quinua comercial en estudio para la variable de categoría de tamaño grano grande. Las diferencias en el porcentaje de grano grande en las variedades, son altamente significativas; lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades en el porcentaje de grano grande.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para categoría de tamaño de grano grande en las 10 variedades de quinua comercial.**

F.V.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	17208.900	1912.100	317.26	0.001**
Bloques	5	28.472	5.694	0.94	
Error	42(3)	253.134	6.027		
Total	56(3)	14552.967			
CV (%)	15.3				

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

El coeficiente de variación llegó al 15.3%, que determina la confiabilidad en el manejo de los datos.

**Cuadro 8. Prueba de Duncan para porcentaje de grano grande (GG) en variedades de quinua comercial.**

Variedad	%GG	Duncan
Jacha Grano	49.78	A
Maniqueña	46.95	A
Surumi	14.73	B
Patacamaya	14.13	B
Selección Jacha Grano	13.92	B
Kurmi	8.05	C
Intinaira	6.75	C
Selección Pandela	6.07	C
Chucapaca	0.00	D
Blanquita	0.00	D
Media	16.04	

En el cuadro 8, se presenta la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan, donde se evidencia la formación de cuatro grupos de medias similares que determinaron el porcentaje de grano grande. Dos variedades Jacha Grano y Maniqueña se distinguen por el mayor porcentaje de grano grande (49.78 a 46.95%). Esto quiere decir, que a mayor porcentaje de grano grande es mejor la calidad del grano, puesto que conviene la mayor proporción de granos grandes. Sin embargo, la variedad Selección Pandela, es la única del último grupo con 6.07%; lo que quiere decir, que tiene poca presencia de grano grande. Las otras variedades se encuentran entre los rangos mencionados. Además de las variedades Blanquita y Chucapaca que tienen ausencias de granos grandes.

De lo anterior, se deduce que las variedades Jacha Grano y Maniqueña son de mejor calidad para el grano perlado; ya que en este tipo de producto, el tamaño de grano es decisivo para la exportación. Los granos pequeños en cambio, pueden ser empleados en la obtención de harina y otros productos. Esta variación y menor porcentaje de tamaño de grano grande en las otras variedades como la selección Jacha Grano, Surumi, Patacamaya, Kurmi, Intinaira y Selección Pandela podría

deberse a la menor disponibilidad de nutrientes en el suelo, debido al intenso labor del cultivo de este grano en la zona de K'iphak'iphani.

Investigaciones realizadas por Aroni *et al.* (2009) indican, las plantas de quinua generalmente tienen una panoja alargada y además tienen ramas que terminan en panojas secundarias. Los granos que se producen en las diferentes partes de la panoja varían de tamaño, por lo que los granos obtenidos en una misma planta no son uniformes; por esta razón, es necesario realizar la selección mecánica, empleando tamices apropiados para obtener granos grandes que tengan un diámetro igual o mayor a 2.4 mm.

Aroni y Aroni (2005), señalan que en la misma panoja existen tres a cuatro tamaños de grano, que oscilan entre 1.5 mm a 2.5 mm esta diferencia que existe según el tamaño de grano en la semilla puede traer como consecuencia una madurez fisiológica desigual o diferente.

Según la ficha técnica (2003) la variedad Jacha Grano tiene grano de primera clase 85% y la variedad Maniqueña según Bonifacio *et al* (2012) el porcentaje tamaño de grano grande que tiene es de 83.47%; la variedad Kurmi tiene 83% de grano de primera clase (ficha técnica 2005).

### **5.2.2. Porcentaje de tamaño de grano mediano**

En el cuadro 9, se muestra el análisis de varianza (ANVA) de las diez variedades de quinua comercial en estudio para las variables de porcentaje de grano mediano donde se identificó diferencias altamente significativas entre las variedades, lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para categoría de tamaño de grano mediano en 10 variedades de quinua comercial.**

F.V.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	11455.85	1272.87	114.95	0.001**
Bloques	5	4.35	0.87	0.08	
Error	42(3)	465.07	11.07		
Total	56(3)	9846.73			
CV (%)	4.4				

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

El análisis de varianza establece diferencias altamente significativas para el tamaño de grano mediano, además se establece un coeficiente de variación de 4.4%, misma que determina la confiabilidad en el manejo de datos. En el siguiente (cuadro 10) se presentan la comparación de medias para los diez tratamientos.

**Cuadro 10. Comparación de medias utilizando la prueba de Duncan para el porcentaje del tamaño de grano mediano.**

Variedad	%GM	Duncan
Chucapaca	86.48	A
Kurmi	85.90	A
Intinaira	85.77	A
Selección Pandela	83.12	AB
Surumi	80.22	BC
Blanquita	79.17	BC
Selección Jacha Grano	79.05	BC
Patacamaya	77.15	C
Maniqueña	49.76	D
Jacha Grano	47.15	D
Media	75.38	

En el cuadro 10, se muestra la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan donde se registraron la formación de cuatro grupos de medias similares aunque algunos grupos comparten medias con otros grupos para el porcentaje de grano mediano. Las variedades Chucapaca, Kurmi, Intinaira, Selección Pandela y Surumi son las que sobresalen con mayor porcentaje de granos medianos (86.48 a 80.22%) cuyas medias están entre 1.40 mm a 1.70 mm de diámetro. Esto significa que las variedades de este grupo tienen el mayor porcentaje de granos medianos. Mientras las variedades Jacha Grano y Maniqueña son del último grupo con (47.15% a 49.76%); lo que quiere decir, que tienen poca presencia de granos medianos; esta variación podría deberse simplemente al mayor porcentaje de grano grande. Las otras variedades se encuentran entre los rangos mencionados anteriormente.

Con respecto, a los porcentajes de tamaños de granos medianos, se puede evidenciar que estos son complementarios; es decir, cuanto mayor es el porcentaje de granos grandes, menor es el porcentaje de granos medianos específicamente; las variedades Maniqueña y Jacha Grano tienen mayor porcentaje de granos grandes y menor porcentaje de granos medianos, las otras variedades tienen mayor porcentaje de granos medianos. Al respecto Marca *et al.* (2013) mencionan que los granos medianos son destinados para el consumo familiar o para la transformación en harina.

Bonifacio *et al.* (2014) mencionan un aspecto muy importante para mejorar la calidad y uniformidad de tamaño del grano en la panoja, a través del mejoramiento genético que actualmente se encuentran hasta tres tamaños de granos en la misma panoja.

Según **IBNORCA NB / NA 0038 (2007)** el grano de quinua se clasifica por su diámetro en cuatro categorías: extra grande  $\geq 2.0$  mm, grande entre 2.0 a 1.70 mm, mediano entre 1.70 a 1.40 mm y pequeño  $\leq 1.40$  mm. En la categoría extra grande se encuentra la Quinua Real, cuya característica principal es el tamaño grande de sus granos siendo muy apreciada por el mercado internacional.

### 5.3.1. Peso hectolítrico

En el cuadro 11, se muestra el análisis de varianza (ANVA) de las diez variedades de quinua comercial para las variables de peso hectolítrico donde se establece diferencias altamente significativas entre variedades, lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades para el peso hectolítrico en las variedades de quinua, además se establece un coeficiente de variación de 0.8%, misma que determina la confiabilidad de los datos del experimento.

**Cuadro 11. Análisis de varianza para peso hectolítrico en las 10 variedades de quinua comercial.**

F.V.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	54.88	6.0989	16.59	0.001**
Bloques	5	1.04	0.2082	0.57	
Error	44(1)	16.17	0.3676		
Total	58(1)	70.71			
CV (%)	0.8				

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

En el siguiente cuadro 12 se presentan la comparación de medias para los diez tratamientos.

**Cuadro 12. Comparación de medias y prueba de Duncan para el peso hectolítrico.**

Variedad	Phl	Duncan
1 Maniqueña	73.79	A
9 Selección Pandela	73.71	A
10 Selección Jacha Grano	73.63	A
2 Intinaira	73.28	AB
8 Kurmi	72.64	BC
4 Chucapaca	72.56	BC
6 Jacha grano	72.47	C
5 Patacamaya	72.38	C
3 Surumi	72.12	C
7 Blanquita	70.42	D
Media	72.69	

En el anterior cuadro 12, se muestra la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan, donde existen cuatro grupos de medias similares aunque algunos grupos comparten medias con otros grupos para el peso hectolítrico. Las variedades Maniqueña, Selección Pandela, Selección Jacha Grano e Intinaira presentan los mayores pesos de grano, cuyas pesos son similares entre sí (73.79 a 73.28 kg/100 l) de peso. Esto significa que las variedades de este grupo tienen el mayor peso de grano que ocupa en un volumen de 100 litros. En cambio la variedad Blanquita, resulta ser la única del último grupo con solo 70.42 kg/100 l; lo que quiere decir, que presenta granos livianos. Mientras las otras variedades se encuentran entre los rangos mencionados.

Los resultados registrados en la presente investigación para el peso hectolítrico son casi similares a los que obtuvo Bonifacio *et al.* (2012) en los ensayos realizados en Altiplano Sur de Bolivia, con los ecotipos de quinua real cuánto al peso hectolítrico es; Achachino 76.2 g, Café Chullpa 79.9 g, Cariqueña 76.8 g, Ch'illpi Amapola 76.0 g, Hilo 74.3 g, Kairoja 76.6 g, Lipeña 77.6 g Maniqueña 76.1 g, Manzano 77.8 g, Moqu 76.9 g, Negra 81.6 g, Negra Blanquita 74.2 g, Pandela 76.4 g, Perlada 76.9 g,

Phisangalla tres Hermanos 78.5 g, Qhaslala Blanca 79.6 g, Q'illu 72.3 g, Quinoa Roja 73.7 g, Q'uitu 76.6 g y otros, donde el promedio de peso hectolítrico en los ecotipos de quina real fueron de 72.3 a 81.6 Kg / 100 litros.

De acuerdo a la Cámara Nacional de la Industria Molinera de trigo (2006), el peso hectolítrico se define como el peso en kilogramos de un volumen de grano de 100 litros. Es un valor muy útil porque resume en un solo valor que tan sano es el grano tanto de la calidad física del grano, como de la calidad molinera.

Estudios realizadas por Reynaga *et al.* (2013) el valor del peso hectolítrico de los granos del altiplano Sur, son en 8.0% más pesados, de la misma forma la densidad aparente también es de 7.3% más densos. Por último el peso promedio de cada grano de quinua proveniente del Altiplano Sur es más pesado en un 10.0% más, estos granos con mayor peso hectolítrico son más recomendables para la panificación.

#### **5.4. Beneficiado de quinua**

##### **5.4.1. Escarificado (desaponificado en seco)**

En el cuadro 13, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) de las variedades de quinua comercial para las variables de pérdida de peso de saponina (mojuelo), en el escarificado del grano, donde se establece diferencias altamente significativas entre variedades, lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades en la pérdida de peso (mojuelo o saponina) en las variedades de quinua.

**Cuadro 13. Análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso durante el pulido en las 10 variedades de quinua comercial.**

F.V.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	78.2082	8.6898	22.89	0.001**
Bloques	3	0.6267	0.2089	0.55	
Error	27	10.2513	0.3797		
Total	39	89.0866			
CV (%)	15				

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

El coeficiente de variación resulta ser del 15.0%, que determina la confiabilidad de los datos tomados en el manejo de las pruebas. En el cuadro 14 se presenta la prueba de medias.

Los resultados de la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan para el porcentaje de pérdida de peso de (saponina o mujuelo) en las variedades de quinua en el (cuadro 14), permite diferenciar cuatro grupos de medias similares, aunque algunos grupos comparten medias con otros grupos con un promedio de 4.11% de pérdida de peso (saponina o mujuelo). De los cuales las variedades Jacha Grano, Maniqueña, Selección Pandela y Selección Jacha Grano pertenecen al mismo grupo y pierden desde (6.4 a 5.1%) con respecto al porcentaje de pérdida en peso durante el escarificado (saponina o mujuelo). En cambio las variedades, Intinaira, Banquita, Surumi. Chucapaca y Kurmi del mismo grupo pierden entre (3.4 y 2.4%) en peso durante el escarificado, las otras variedades se encuentran entre los dos grupos mencionados. Según **IBNORCA, NB / NA 0032: (2015)** el grano escarificado en seco lleva alto porcentaje de saponina no es apto para el consumo humano.

**Cuadro 14. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de pérdida de peso de saponina (mojuelo).**

<b>Variedad</b>	<b>%_P de peso en Benef.</b>	<b>Duncan</b>
6 Jacha grano	6.367	A
1 Maniqueña	5.883	AB
9 Selección Pandela	5.525	AB
10 Selección Jacha Grano	5.058	B
5 Patacamaya	4.092	C
2 Intinaira	3.350	CD
7 Blanquita	3.000	D
3 Surumi	2.762	D
4 Chucapaca	2.700	D
8 Kurmi	2.433	D
Media	4.118	

De lo anterior se deduce que las variedades evaluadas tienen diferencias en la consistencia y/o adherencia del pericarpio o la dureza del grano. De tal forma que las pérdidas de peso, durante el pulido varían según las variedades.

El pulido se realizó para dos propósitos principales, 1º es la remoción de saponina y 2º para facilitar la cocción mediante ebullición ya que la acción abrasiva del pulido tiene relación con el menor tiempo de cocción. Considerando estos aspectos, para el caso de las variedades dulces, cuando se trata de remover la saponina, el proceso no es necesario y las pérdidas se reducirían durante el beneficiado.

Los resultados obtenidos de la pérdida de peso en el proceso de escarificado las variedades de quinua amarga pierden mayor porcentaje de peso (saponina o mojuelo), mientras las variedades dulces pierden menor porcentaje de peso (saponina o mojuelo). Esta variación de pérdida de peso durante el escarificado de

granos en las distintas variedades se debe probablemente a la pérdida de saponina, granos rotos y/o embriones desprendidos.

Según Mujica *et al.* (2006) la pérdida de saponina en las variedades de quinua amarga durante el proceso de escarificado ocasiona una pérdida de saponina en promedio de 1.68 kg. Además los mismos autores mencionan que la desaponificación por vía seca con máquinas pulidoras se logra eliminar hasta 75 a 95% de saponina en forma de polvillo.

Los resultados que encontraron Torres y Minaya en (1980) citados por Quiroga *et al.* (2014) lograron 95% de eficiencia y los contenidos de saponina en el grano están entre 0.04% a 0.25% según la variedad o ecotipo de quinua procesada. Además en 2010 un grupo investigadores (UPB) desarrollaron a escala de laboratorio un equipo para la remoción de saponina en seco en las variedades de quinua amarga, utilizando tres ecotipos comerciales de quinua real y han logrado reducir la concentración de saponinas en los granos hasta valores menores a 0.01% y mucho más menores a 0.12% según las normas bolivianas de IBNORCA (Escalera *et al.* 2010).

De la misma manera el prototipo diseñado y construido para la escarificación de la quinua por vía seca y de flujo continuo por Valdivieso y Rivadeneira (1992) encontraron resultados que redujeron la concentración de saponinas en los granos en las quinuas amargas a 0.026 y 1.5% de granos partidos; con respecto a la variedad dulce se logró alcanzar excelentes resultados con saponinas en el grano entre 0.01 y 0.0% de granos partidos.

#### **5.4.2. Tiempo de escarificado (desaponificado en seco)**

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) en el (cuadro 15) se muestra, para el tiempo de escarificado en las variedades de quinua comercial, que no existe diferencias entre variedades a nivel estadístico por lo que el tiempo de escarificado en las diez variedades de quinua son iguales. El coeficiente de variación del 11.0% muestra la confiabilidad en el manejo de datos de las pruebas.

**Cuadro 15. Análisis de varianza para tiempo de escarificado con la microbeneficiadora en variedades de quinua comercial.**

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	90.900	10.100	1.02	0.449 ns
Bloques	3	222.200	74.067	7.48	
Error	27	267.300	9.900		
Total	39	580.400			
CV (%)	11.0				

FV=Fuentes de Variación; CV=Coeficiente de Variación; \*\*=Altamente significativo; \*=Significativo; ns=no significativo.

En el cuadro 16 se presenta el promedio de tiempo de beneficiado

**Cuadro 16. Promedio de tiempo de beneficiado (pulido).**

Variedad	Tiempo beneficiado (seg)
1 Maniqueña	31.00
7 Blanquita	31.00
2 Intinaira	29.50
8 Kurmi	29.00
9 Selección Pandela	29.00
4 Chucapaca	28.75
6 Jacha Grano	28.25
10 Selección Jacha Grano	27.50
3 Surumi	26.50
5 Patacamaya	26.50
Media	28.70

En el cuadro anterior 16, se muestra el tiempo promedio de escarificado de grano (desaponificado en seco) mediante la operación física en la cual se separa el pericarpio de la superficie del grano de 300 g, siendo los valores promedios entre 26 y 31 segundos. Además con el tiempo encontrado se puede beneficiar una arroba

de quinua entre 15 a 18 min, con respecto a lo que indica en la ficha técnica (2008), deduciéndose que la capacidad de la maquina es desde 1 quintal por hora, así que puede procesar o beneficiar 1 arroba de quinua en 15 minutos. La máquina microbeneficiadora facilitaría el beneficiado del grano en menor tiempo en tanto que el beneficiado tradicional o manual demora más tiempo entre 80 min a 140 min para una arroba de quinua.

Los resultados muestran que en las variedades dulces como Intinaira, Surumi, Chucapaca, Patacamaya, Blanquita y Kurmi los tiempos de escarificado fueron 26 a 30 segundos sucesivamente. Sin embargo, en las variedades de quinua amarga fueron casi similares los tiempos de escarificado.

#### 5.4.3. Porcentaje de pérdida de granos quebrados

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza (ANVA) para porcentaje de pérdida de granos partidos por el escarificado (en seco) en el (cuadro 17), se muestra diferencias altamente significativas entre variedades, lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades en el caso de porcentaje de granos partidos. Además muestra un coeficiente variación de 25.4%, que determina la confiabilidad en el manejo de las pruebas.

**Cuadro 17. Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de pérdida de grano partido en variedades de quinua comercial.**

F.V.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	14.26840	1.58538	18.84	0.001**
Bloques	3	1.04439	0.34813	4.14	
Error	27	2.27245	0.08416		
Total	39	17.58524			
CV (%)	25.4				

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

En el siguiente cuadro 18, se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan para el porcentaje de granos quebrados y embriones

desprendidos en las variedades de quinua, donde se destacan tres grupos de medias similares, y algunos grupos comparten medias con otros grupos.

Las variedades, Selección Pandela e Intinaira son las que sobre salen con mayor porcentaje de granos partidos y embriones desprendidos (2.4 a 2.1%) durante el escarificado (en seco) aunque pudo haber influido otro factor como el retraso en secado de la plantas en el emparvado, lo que pudo haber afectado la consistencia del grano.

Las variedades Blanquita, Patacamaya tienen granos partidos en un porcentaje de (1.3 a 1.0%) mientras las otras variedades que tiene menor porcentaje de granos partidos son; Selección Jacha Grano 0.94%, Maniqueña 0.89%, Chucapaca 0.77%, Surumi 0.74%, Kurmi 0.64% y Jacha Grano 0.60% son las variedades que tienen menor porcentaje de granos quebrados. Según la norma de **IBNORCA, NB / NA 0032: (2015)** los granos quebrados son pedazos de granos cuyos tamaños son menores a las tres cuartas partes del grano entero ocurrido por la acción mecánica.

**Cuadro 18. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de pérdida de granos quebrados ocasionado en el proceso de escarificado.**

Variedad	%_part.	Duncan
9 Selección Pandela	2.401	A
2 Intinaira	2.148	A
7 Blanquita	1.255	B
5 Patacamaya	1.035	BC
10 Selección Jacha Grano.	0.941	BC
1 Maniqueña	0.894	BC
4 Chucapaca	0.771	C
3 Surumi	0.745	C
8 Kurmi	0.636	C
6 Jacha Grano	0.606	C
Media	1.143	

El escarificado (desaponificado en seco) con la maquina microbeneficiadora muestra una pérdida de granos partidos de 2.4 a 0.64% estos son (embriones desprendidos y granos quebrados), ocasionando pérdidas de los componentes nutricionales principalmente la proteína y grasa de la capa superior. Además los cotiledones que rodean al grano están más expuestas a la pérdida de proteína durante el proceso de escarificado (en seco).

A mayor tiempo de pulido según Mujica *et al.* (2006) puede desnaturalizar la calidad del grano como producto final, además no se elimina toda la saponina del grano, si se pule más al grano puede desprender el embrión y hacer que se pierda bastante proteína.

#### 5.4.4. Tiempo de lavado de los granos escarificados en (seco)

En el Cuadro 19, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) para el tiempo de lavado en variedades de quinua comercial donde existe diferencias altamente significativas entre las variedades en el tiempo de lavado esto en razón de que durante el pulido ha perdido mayor porcentaje de saponina y/o simplemente no tienen saponina como las variedades dulces. El coeficiente de variación del 13.9% refleja la confiabilidad en el manejo de las pruebas realizadas.

**Cuadro 19. Análisis de Varianza (ANVA) para el parámetro de tiempo de lavado de grano en variedades de quinua comercial.**

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	449291	49921	21.47	0.001**
Bloques	3	279571	93190	40.08	
Error	27	62779	2325		
Total	39	791640			
CV (%)	13.9				

FV=Fuentes de Variación; CV=Coeficiente de Variación; \*\*=Altamente significativo; \*=Significativo; ns=no significativo.

En el cuadro 20, se muestran los resultados de la prueba de comparación múltiple de Duncan para el tiempo de lavado en variedades de quinua, donde se destacaron dos grupos de medias similares. Estos dos grupos claramente diferenciados corresponden a las variedades de quinuas amargas y variedades de quinua dulce en el primer grupo están las variedades amargas; Maniqueña, Jacha Grano, Selección Jacha Grano y Selección Pandela con tiempos que se lavan entre 8.32 y 7.43 minutos, mientras en segundo grupo las variedades dulces con menor tiempos de lavado de 4.8 a 4 minutos.

De los resultados obtenidos en el estudio se deduce que el tiempo requerido para lavar el grano escarificado (desaponificado en seco) y completar la eliminación de saponinas en las variedades de quinua amarga es aproximadamente el doble del tiempo requerido para lavar, en tanto que en las quinuas dulces sería el mismo tiempo para lavar.

**Cuadro 20. Comparación de medias y prueba de Duncan para tiempo de lavado manual.**

Variedad	Tie Lavad	Duncan
1. Maniqueña	501.2	A
6 Jacha Grano	484.8	A
10 Selección Jacha Grano	467.2	A
9. Selección Pandela	445.8	A
2 Intinaira	288.0	B
7 Blanquita	286.5	B
4 Chucapaca	259.0	B
3 Surumi	248.2	B
8 Kurmi	245.5	B
5 Patacamaya	245.0	B
Media	347.2	

Según Quiroga *et al.* (2014) los granos escarificados (en seco) tradicionalmente en la comunidad Chacala; para completar de remover las saponinas e impurezas, como

pedrecillas y granos pequeños, son sometidos a un proceso de lavado por varias etapas por un periodo de 25 a 35 min. Al respecto Mujica *et al* (2006) el escarificado combinado es más recomendable, primero se escarifica 1 kg en 12 segundos para eliminar el mayor porcentaje de saponina, luego se lava brevemente durante 8 minutos para eliminar el resto de la saponina, con bajos niveles de saponina (0.06 a 0.12%).

#### 5.4.5. Relación de volumen de agua gastado entre quinua amarga y dulce

En la figura 1, se muestra la diferencia entre quinua amarga y quinua dulce en el volumen de agua que se ha empleado, observándose que el volumen de agua requerido para quinua amarga es de 3 litros para 300 g de grano de quinua, mientras que para quinuas dulces es de 1.8 litros. Haciendo inferencias, se necesitaría un total de agua 10 m<sup>3</sup> para una tonelada de quinua amarga y 6 m<sup>3</sup> para quinua dulce.

**Figura 1. Volumen de agua utilizado para eliminar la saponina.**



Los resultados encontrados son casi similares a lo reportado por Quiroga *et al.* (2014) quienes sostienen que si bien es cierto que los sistemas combinados han sido optimizados, los volúmenes de agua que se usan en la etapa del lavado, 5 – 15 m<sup>3</sup>/t

de quinua procesada, aun son significativos especialmente en regiones donde este recurso es escaso.

De los resultados obtenidos el volumen de agua que emplearía para una tonelada de quinua amarga sin el proceso de escarificado es de 22 m<sup>3</sup> y en la quinua dulce hasta 10 m<sup>3</sup> de agua para eliminar la saponina del grano y remover las impurezas.

#### 5.4.6. Porcentaje de pérdida de grano por lavado manual

En el Cuadro 21, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de pérdida por el lavado de quinua, donde se observa diferencias altamente significativas entre variedades; lo cual indica que al menos una de las variedades es estadísticamente diferente al resto de las variedades durante el lavado. El coeficiente de variación de 26.6% muestra confiabilidad en el manejo de las pruebas.

**Cuadro 21. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de pérdida por lavado en variedades de quinua comercial.**

FV	GL	SC	CM	F- Valor	Pr>F
Variedades	3	40.011	4.4458	5.01	0.001**
Bloques	9	3.2215	1.0738	1.21	
Error	24(3)	21.2902	0.8871		
Total	36(3)	60.2281			
CV (%)	26.6				

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

En el cuadro 22, se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias de Duncan para el porcentaje de pérdida de granos por el lavado en las variedades de quinua, donde se puede diferenciar tres grupos de medias similares aunque algunos grupos comparten medias con otros grupos. En el primer grupo están las variedades Jacha Grano 4.7%, Selección Pandela 4.7%, Blanquita 4.5% y Selección Jacha Grano 4.3% son los que tiene mayor porcentaje de pérdida de peso en el proceso de lavado, siendo estas significativamente superior al resto de las

variedades. En cambio las variedades, Maniqueña, Surumi y Patacamaya pierden similar peso que el primer grupo, sin embargo, las variedades que tienen menor porcentaje de pérdida de peso en el proceso de lavado son: Intinaira 2.6%, Chucapaca 2.2% y Kurmi 1.8% respectivamente. Según la norma de **IBNORCA, NB / NA 0032: (2015)** el desaponificado en húmedo es el proceso físico de lavado con agua apto para el consumo humano a temperatura ambiente y posterior centrifugado o/y escurrimiento, por medio del cual se separa la saponina.

**Cuadro 22. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de pérdida de grano durante el lavado.**

Variedad	%P_Lavad.	Duncan
6 Jacha Grano	4.705	A
9 Selección Pandela	4.705	A
7 Blanquita	4.463	A
10 Selección Jacha Grano	4.294	A
1 Maniqueña	3.800	A B
3 Surumi	3.643	A B
5 Patacamaya	3.237	A B C
2 Intinaira	2.588	B C
4 Chucapaca	2.151	C
8 Kurmi	1.848	C
Media	3.54	

Las variedades que pierden más peso en el proceso de lavado son: Jacha Grano, Selección Pandela, Blanquita, Selección Jacha Grano, Maniqueña Surumi y Patacamaya desde (4.7 % a 3.2 %) de pérdidas de peso.

Con relación a la pérdida en el lavado de granos de quinua amarga, Mujica *et al.* (2006) reportaron 0.13 kg para Amarrilla de Marangani, 0.09 kg para Achachino y 0.45 kg para Cheweca en tanto que para tres genotipos de quinua dulce reportan 0.28 en Kankolla, 0.68 en Chucapaca 0.68 kg y 0.91 L- 118 Café. Está perdida en peso se debe al proceso de lavado que implica la frotación manual, consecutivo que

provoca desprendimiento de partes del embrión especialmente cuando se cambia de agua los granos más livianos salen junto con el agua de cambio.

#### 5.4.7. Porcentaje de pérdida total de peso en el proceso de beneficiado

En el cuadro 23, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de pérdida total de peso durante el proceso de beneficiado, registrándose diferencias altamente significativas entre tratamientos; lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades en la pérdida total de peso durante el proceso de beneficiado. El coeficiente de variación de 14.4% determina la confiabilidad en el manejo de las pruebas.

**Cuadro 23. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de pérdida total de peso en el proceso de beneficiado en variedades de quinua comercial.**

F.V.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	230.856	25.651	15.72	0.001**
Bloques	3	4.732	1.577	0.97	
Error	27	44.057	1.632		
Total	39	279.645			
CV (%)	14.4				

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

En el cuadro 24, se muestran los resultados para la prueba de comparación de medias múltiple de Duncan para el porcentaje de pérdida total de peso en el proceso de beneficiado en las variedades de quinua, permitiendo diferenciar cinco grupos de medias similares aunque la mayoría de los grupos comparten medias con otros grupos.

Las variedades amargas, Selección Pandela, Jacha Grano, Selección Jacha Grano y Maniqueña son los que tiene mayor porcentaje de pérdida total en peso durante el proceso de beneficiado mostrando pérdidas de peso desde (12.63 a 10.57%), siendo estas significativamente superiores. En tanto que en las variedades de quinua dulce tienen menores porcentajes de pérdida total en el peso; Blanquita, Intinaira,

Patacamaya, Surumi, Chucapaca y Kurmi desde (8.7 a 4.9%). En término valor promedio de todas las variedades, la pérdida de peso es de 8.86% en todo el proceso de beneficiado.

**Cuadro 24. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de pérdida total de peso en el beneficiado.**

Variedad	Pérdida Total (%)	Duncan
9 Selección Pandela	12.631	A
6 Jacha Grano	11.678	A B
10 Selección Jacha Grano	11.052	A B
1 Maniqueña	10.576	B
7 Blanquita	8.719	C
2 Intinaira	8.086	C D
5 Patacamaya	7.637	C D
3 Surumi	7.156	C D
4 Chucapaca	6.174	D E
8 Kurmi	4.914	E
Media	8.86	

Las grandes diferencias en el proceo de beneficiado derivan del escarificado, tamizado de granos quebrados y embriones desprendidos y del lavado que consiste en cambios sucesivos de agua que acarrear granos más livianos e impurezas como ramitas y piedrecillas. En general, se observan mayores pérdidas en peso en las variedades de quinuas amarga con respecto al beneficiado de la quinua dulce. En el siguiente (cuadro 25), se muestran los resultados por separado las quinuas amargas y quinuas dulces.

**Cuadro 25. Porcentaje de pérdidas en el beneficiado de quinua amarga y dulce.**

PERDIDA EN EL BENEFICIADO DE QUINUA AMARGA Y DULCE							
Variedades	Peso inicial (kg)	Pérdida en el pulido (kg)	Pérdida de granos quebrados (kg)	Pérdida durante el lavado (kg)	Total pérdida (kg)	Total de pérdida en % t	Total de pérdida (kg/t)
<b>Amargas</b>							
Maniqueña	1.2	0.0706	0.0101	0.0425	0.1232	10.21	102.1
Jacha Grano	1.2	0.0764	0.0068	0.0526	0.1358	11.31	113.1
Selección Pandela	1.2	0.0663	0.0272	0.0521	0.1456	12.13	121.3
Selección Jacha Grano.	1.2	0.0607	0.0107	0.0572	0.1286	10.71	107.1
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.2</b>	<b>0.0685</b>	<b>0.0137</b>	<b>0.0511</b>	<b>0.1333</b>	<b>11.09</b>	<b>110.9</b>
<b>Dulces</b>							
Intinaira	1.2	0.0402	0.0249	0.0294	0.0945	7.88	78.75
Surumi	1.2	0.0332	0.0087	0.0422	0.0841	7.01	70.08
Chucapaca	1.2	0.0324	0.009	0.0313	0.0727	6.06	60.58
Patacamaya	1.2	0.0491	0.0119	0.0285	0.0895	7.46	74.58
Blanquita	1.2	0.036	0.0146	0.0513	0.1019	8.49	84.92
Kurmi	1.2	0.0292	0.0074	0.0215	0.0581	4.84	48.42
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.2</b>	<b>0.037</b>	<b>0.013</b>	<b>0.034</b>	<b>0.083</b>	<b>6.96</b>	<b>69.56</b>

En el cuadro 25, podemos observar que las pérdidas durante el beneficiado varían según la etapa del proceso, sobre la base de la muestra de 1.2 kg el pulido ocasionan una pérdida en promedio de 0.0685 kg, y en los procesos de tamizado de granos quebrados, desmenuzados y embriones desprendidos ocasionan pérdidas en promedio de 0.0137 kg; en tanto que en el proceso de lavado manual se ocasionan pérdidas en promedio de 0.0511 kg de grano y en total existe una pérdida

de 0.1333 kg, y en una tonelada significaría 110.9 kg de pérdida; lo que equivale a decir que existe 11.1% de pérdida real durante el proceso de beneficiado de quinua amarga.

Estos resultados muestran valores muy similares a las pruebas que realizaron en la planta procesadora de Cereales Andina, en el proceso de beneficiado de la quinua amarga con tres genotipos; Amarilla de Marangani, Achachino y Cheweca. Como resultado de las pruebas, los procesos como el escarificado ocasionan una pérdida en promedio de 1.68 kg y procesos como el lavado ocasionan una pérdida en promedio de 0.22 kg, haciendo un total de pérdidas de 1.90 kg, expresado en tonelada significa 105.55 kg de pérdida, lo que equivale decir que existe 10.55% de pérdida real durante el proceso de beneficiado de quinua amarga (Mujica *et al.* 2006).

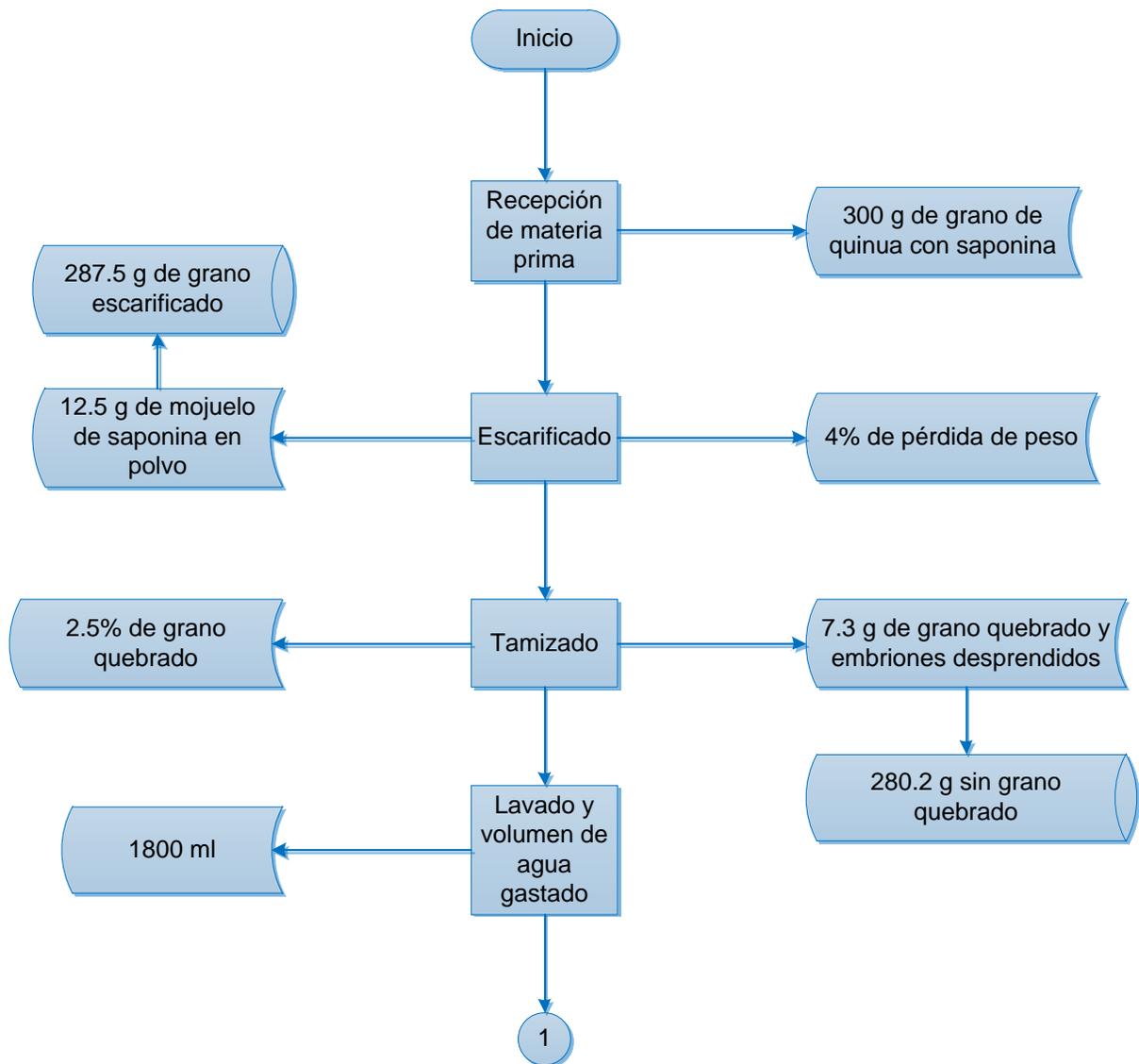
En el mismo cuadro 25, se muestran los resultados de las pérdidas en el beneficiado de la quinua dulce, donde se observan el escarificado ocasiona pérdidas en promedio de 0.037 kg, y los procesos de tamizado de granos quebrados, desmenuzados y embriones desprendidos ocasionan pérdidas en promedio de 0.013 kg; en tanto en el proceso de lavado manual se ocasionan una pérdida en promedio de 0.034 kg; lo cual hace un total de pérdidas de 0.083 kg sobre la base de muestra de 1.2 kg y en una tonelada significaría 69.56 kg de pérdida y en términos porcentuales implica una pérdida de 6.96%.

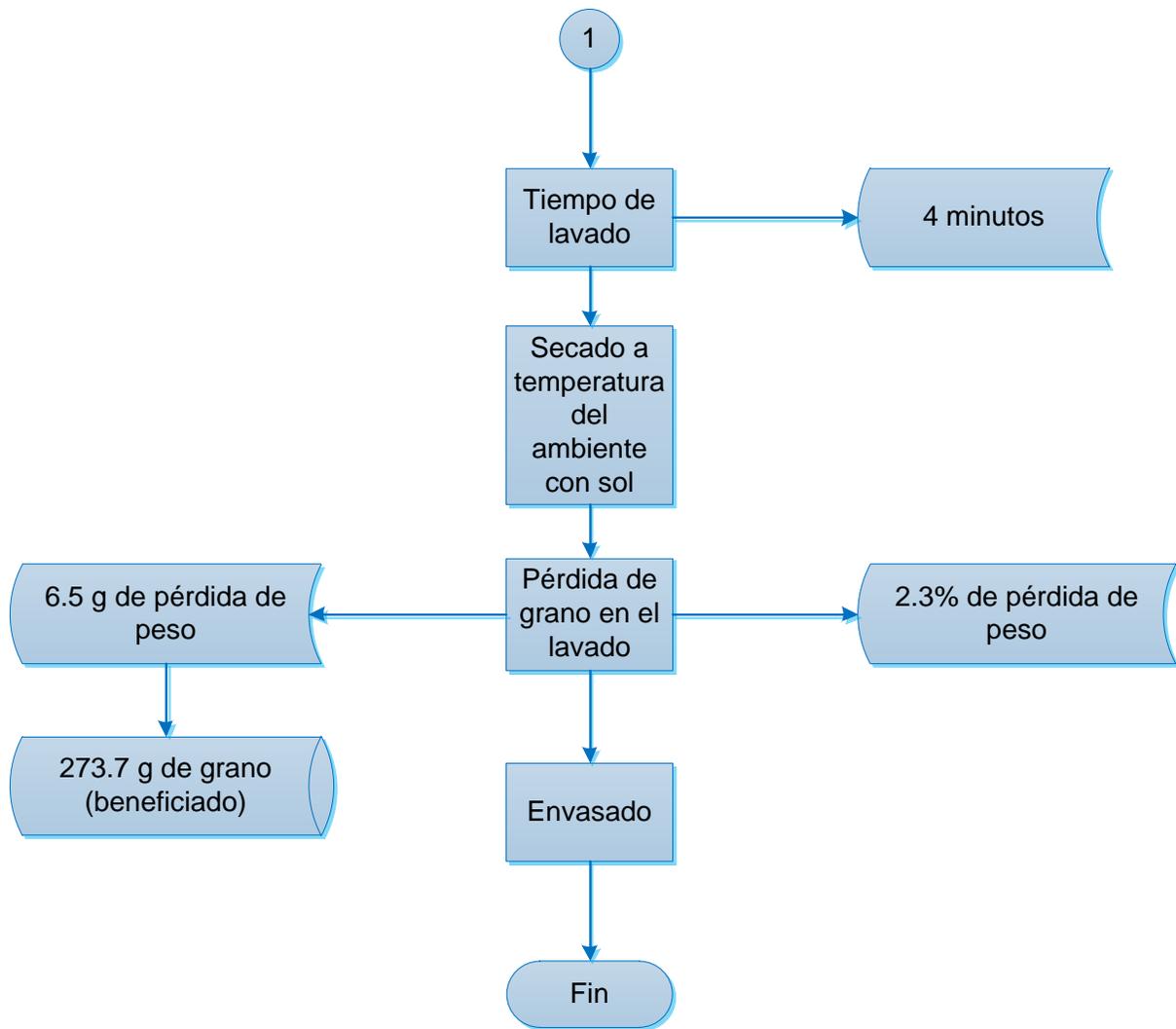
En comparación con las pruebas realizadas en la planta procesadora de Cereales Andina, los resultados no son similares en el porcentaje de pérdidas de la quinua dulce. Mujica *et al.* (2006) realizó estudios con tres genotipos dulces; Kankolla, Chucapaca y L- 118 café donde obtuvo una pérdida de 0.62 kg en el lavado, lo que significa una pérdida en promedio de 34.62 kg/ tonelada lavada, en términos porcentuales implica una pérdida de 3.46%, vale recalcar en este beneficiado no sometió a los procesos de escarificado por ser una variedad dulce. Además Aroni *et al.* (2009) acota el rendimiento global del beneficiado de quinua de 1000 kg varía de 64% a un 93% obtenido como grano beneficiado.

### 5.4.8. Flujograma

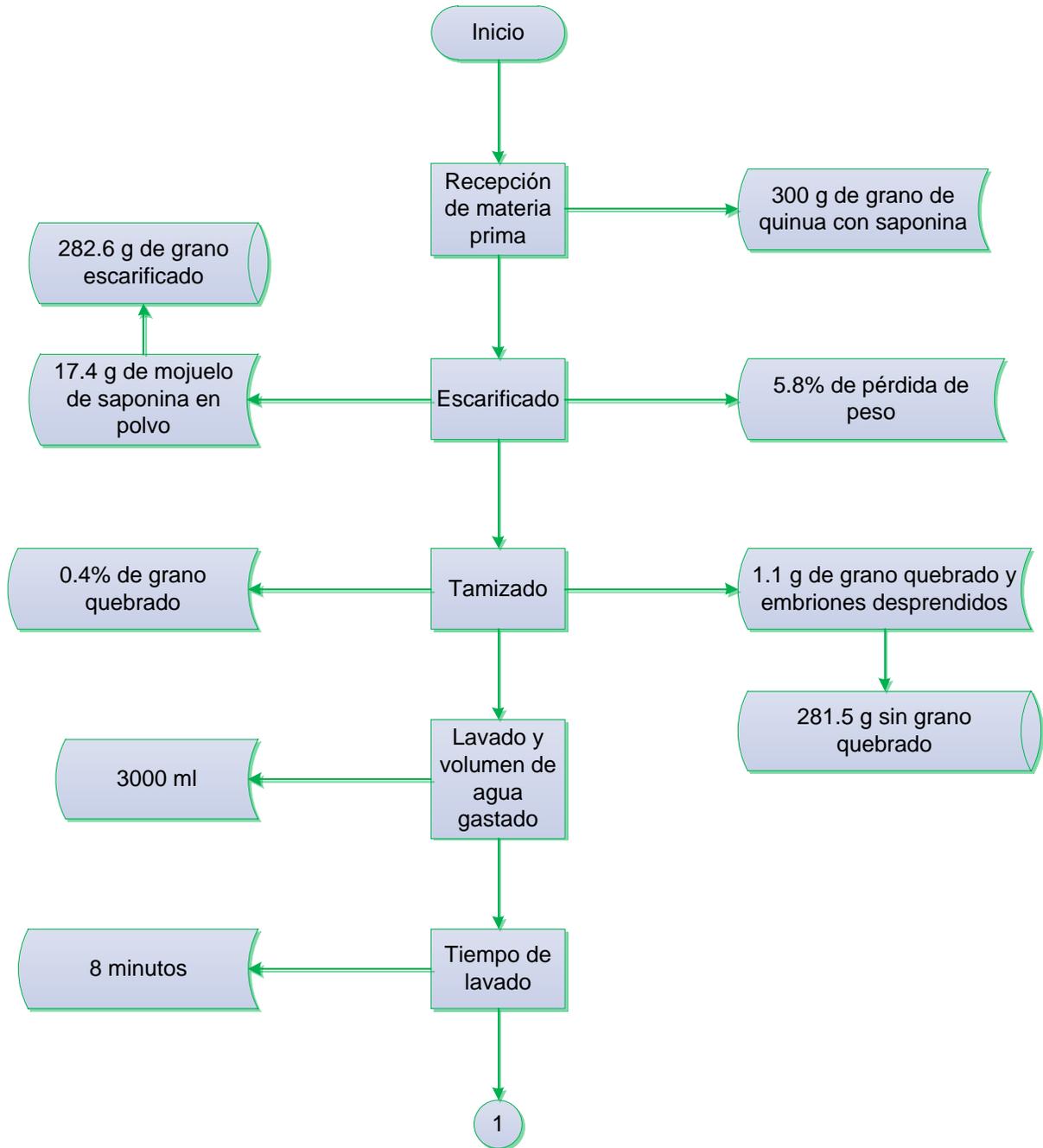
El flujograma del proceso del beneficiado se elaboró para quinua amarga y quinua dulce por separado.

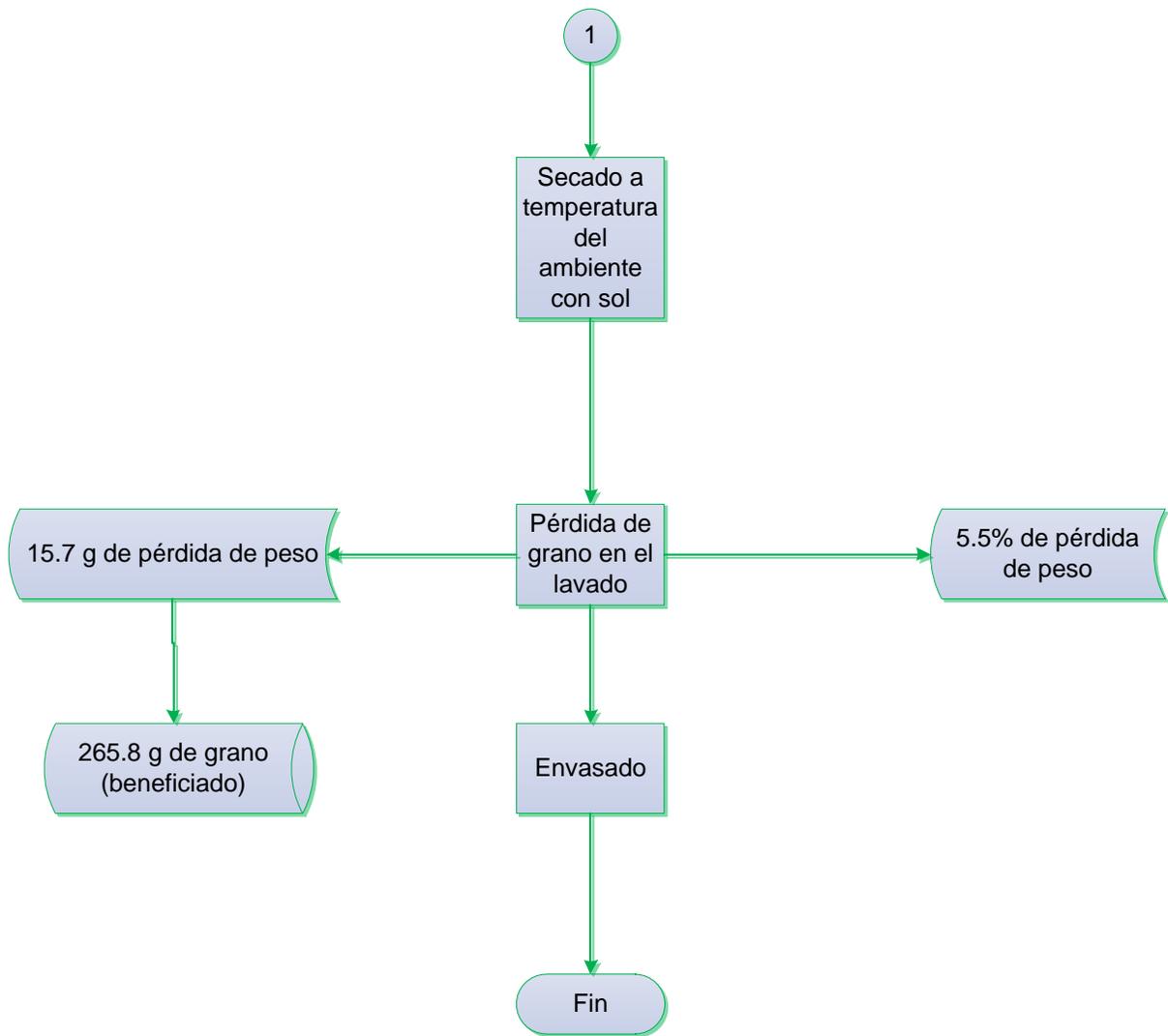
#### Flujograma de beneficiado para quinua dulce





## Flujograma de beneficiado para quinua amarga





## 5.5. Clasificación de tamaño de grano beneficiado

### 5.5.1. Porcentaje de grano grande perlado

El en cuadro 26, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de tamaño de grano grande beneficiado en variedades de quinua comercial, donde existen diferencias altamente significativas entre variedades, lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades en el porcentaje de tamaño de grano grande. El coeficiente de variación de 20.5% determina la confiabilidad en el manejo de las pruebas.

**Cuadro 26. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de grano grande beneficiado en variedades de quinua comercial.**

F.V.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	1280.4384	142.2709	257.12	0.001**
Bloques	3(2)	0.7128	0.2376	0.43	
Error	27(18)	14.9398	0.5533		
Total	39(20)	869.2877			
CV (%)	20.5				

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

En el cuadro 27, se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan, para el porcentaje de grano grande beneficiado en las variedades de quinua, donde se destacan cuatro grupos de medias similares aunque algunos grupos comparten medias con otros grupos.

La variedad Jacha Grano es el único que sobre sale con mayor porcentaje de grano grande beneficiado 16.82%. Esto quiere decir que a mayor porcentaje de grano grande es mejor la calidad del grano puesto que después del beneficiado conviene la mayor proporción de grano grande, de color blanco que son más preferidos en el mercado nacional e internacional, en tanto que en las otras variedades el porcentaje de tamaño de grano grande es menor; Kurmi 4.5%, Maniqueña 3.6%, Patacamaya

3.0%, Surumi 2.8%, Selección Jacha Grano 2.6%, Selección Pandela 1.5% e Intinaira 1.3% respectivamente mientras las dos variedades Chucapaca y Blanquita con ausencia de grano grande.

**Cuadro 27. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de tamaño de grano grande beneficiado.**

Variedad	%GG	Duncan
Jacha grano	16.825	A
Kurmi	4.575	A
Maniqueña	3.675	A
Patacamaya	3.050	AB
Surumi	2.800	AB
Selección Jacha Grano	2.600	B
Selección Pandela	1.500	C
Intinaira	1.300	C
Chucapaca	0.00	D
Blanquita	0.00	D
Media	3.632	

En síntesis se puede decir que la variedad Jacha Grano es de mejor calidad para grano perlado también para la exportación porque después del beneficiado presenta mayor porcentaje de tamaño de grano grande, en cambio las otras variedades tienen en menor porcentaje de tamaño de grano grande, por tanto estos pueden ser empleados para la elaboración de harinas, hojuelas y otros productos derivados de quinua. Según Bonifacio *et al.* (2014) la calidad de grano después del beneficiado, son más preferidas en mercado los granos de tamaño grande de color blanco similar al arroz.

Para Aroni *et al.* (2009) el mayor porcentaje de tamaño de grano grande es destinado como grano perlado para la exportación, que resulta del clasificado por tamaño de grano beneficiado. Sin embargo, el grano de segunda o de menor tamaño es

destinado para la comercialización en el mercado interno, o para el procesamiento de pipocas, hojuelas y extrusados.

### 5.5.2. Porcentaje de tamaño de grano mediano

En el cuadro 28, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) para porcentaje de tamaño de grano mediano beneficiado, en las variedades de quinua comercial, donde existen diferencias altamente significativas entre variedades, por lo que el porcentaje de tamaño de grano mediado en las variedades de quinua son estadísticamente diferentes, lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades. El coeficiente de variación del 2.2% muestra la confiabilidad en el manejo de las pruebas.

**Cuadro 28. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de tamaño de grano mediano después del beneficiado en variedades de quinua comercial.**

F.V.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	973.7575	108.1953	123.46	0.001**
Bloques	3(2)	1.4640	0.4880	0.56	
Error	27(18)	23.6610	0.8763		
Total	39(20)	674.3040			
CV (%)	2.2				

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

Los resultados de la prueba de comparación de medias de Duncan para el porcentaje de tamaño de grano mediano en las variedades de quinua (cuadro 29), permite diferenciar cuatro grupos de medias similares, aunque algunos grupos comparten medias con otros grupos.

Las variedades, Intinaira, Surumi, Chucapaca, Selección Jacha Grano, Patacamaya y Selección Pandela son los que sobresalen con mayor porcentaje de tamaño de grano mediano cuyo porcentaje varía ente (45.85 y 44.12%) siendo estas significativamente superiores al resto de las variedades. En cambio, las variedades

Kurmi, Maniqueña, Blanquita y Jacha Grano tienen menor porcentaje de grano mediano beneficiados variando entre (43.87 y 31.78%).

**Cuadro 29. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de tamaño grano mediano beneficiado.**

Variedad	%GM Lav	Duncan
Intinaira	45.85	A
Surumi	45.70	A
Chucapaca	45.40	AB
Selección Jacha Grano	45.37	AB
Patacamaya	44.32	BC
Selección Pandela	44.12	C
Kurmi	43.87	C
Maniqueña	43.25	C
Blanquita	40.63	D
Jacha Grano	31.78	D
Media	43.03	

Las variedades Intinaira, Surumi, Chucapaca y Selección Jacha Grano con mayores porcentajes de grano mediano después del beneficiado, pueden ser utilizadas en la industria para la elaboración de harinas y otros subproductos. Según Aroni *et al.* (2009) los granos de tamaño mediano son comercializados en el mercado interno o también son utilizados en el procesamiento de productos derivados de quinua.

De los resultados obtenidos mediante la clasificación de tamaño de grano se puede evidenciar, que hay variación en tamaño de grano antes y después del beneficiado. Los granos después del beneficiado se reducen de tamaño y en las distintas variedades, es decir, que tenían mayor porcentaje de tamaño de grano grande antes del beneficiado; esto da a entender en el proceso de escarificado (pulido) y friccionando (lavado), los granos de quinua pierden una porción mínima de su volumen y por tanto se reduce su tamaño.

## 5.6. Porcentaje de hojuelas enteras

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje hojuelas enteras en las variedades de quinua comercial (cuadro 30), muestra diferencias altamente significativas entre variedades, por lo que el porcentaje de hojuelas enteras son estadísticamente diferentes entre las otras variedades evaluadas. El coeficiente de variación del 1.8% determina la confiabilidad en el manejo de datos en las pruebas.

**Cuadro 30. Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de hojuelas enteras en las 10 variedades de quinua.**

F.V.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	96.021	10.669	4.32	0.001**
Bloques	3	34.017	11.339	4.59	
Error	27	66.706	2.471		
Total	39	196.744			
CV (%)	1.8				

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

En el cuadro 31, se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias de Duncan para el porcentaje de hojuelas enteras en las diez variedades de quinua, donde se puede diferenciar cuatro grupos de medias similares, aunque la mayoría de los grupos comparten medias con otros grupos.

Las variedades, Selección Pandela, Blanquita y Kurmi se encuentran en el primer grupo con porcentaje de hojuelas enteras entre 91.63 y 89.63%, aunque las dos últimas variedades comparten medias con el segundo grupo, mientras que la variedad Selección Jacha Grano se encuentra en el último grupo compartiendo valores promedio con Patacamaya, Maniqueña, Surumi y Chucapaca 88.28 y 86.05% de hojuelas enteras. Estos resultados muestran que en las 10 variedades de quinua comercial se conserva mejor la integridad de las hojuelas, por tanto tienen buenas características para el proceso de transformado en hojuelas.

**Cuadro 31. Comparación de medias y prueba de Duncan para el porcentaje de hojuelas enteras.**

Variedad	% _ hojuelas	Duncan
9 Selección Pandela	91.63	A
7 Blanquita	90.78	A B
8 Kurmi	89.63	A B C
6 Jacha Grano	89.08	B C
4 Chucapaca	88.28	C D
3 Surumi	88.18	C D
1 Maniqueña	87.80	C D
5 Patacamaya	87.80	C D
2 Intinaira	87.68	C D
10 Selección Jacha Grano	86.05	D
Media	88.69	

De acuerdo a PROINPA (2004) el grano perlado debe ser humedecido hasta 15.0 a 16.0% de humedad, posteriormente ser sometido a presión de dos rodillos y tomar la forma de láminas circulares, obteniéndose hojuelas muy finas que conservan la mayor cantidad de proteínas. Las pruebas preliminares con dichos porcentajes de humedad resultaron en hojuelas fracturadas y sémola, por lo que para el laminado de los granos de las diez variedades de quinua, se adicionaron agua hasta llegar a una de humedad de 18.0%.

Respecto a la mejor conservación de la integridad de hojuelas, según Quiroga *et al.* (2014) son las quinuas dulces; en cambio, las amargas tienden a desintegrarse y forman mayor proporción de sémola. Sin embargo, en las variedades de quinua comercial se observaron una mejor conservación de la integridad de las hojuelas en las variedades dulces también en las quinuas amargas, deduciéndose que Quiroga *et al.* (2014) se refieren a los granos de quinua real que son amargos.

Para Vargas *et al.* (2013) la variación del tamaño de granulo de almidón fluctúa de 1.1 a 5.2  $\mu$  y la variedad que tiene más pequeño de granulo de almidón es la

variedad Blanquita, es un dato muy importante que nos da las primeras pautas para la aplicación sobre usos industriales.

En el cuadro 32 se presentan las propiedades cualitativas de las hojuelas.

**Cuadro 32. Características cualitativas de las hojuelas (tamaño, color, olor y apariencia).**

Variedades	Tamaño de hojuelas	Color de hojuelas	Olor	Apariencia
Maniqueña	Grande	Blanco	Fuerte	agradable
Intinaira	Grande	Blanco	Sin olor	agradable
Surumi	Grande	Blanco	Fuerte	agradable
Chucapaca	Mediano	Blanco	Suave	agradable
Patacamaya	Grande	Blanco	Sin olor	agradable
Jacha Grano	Grande	Blanco	Suave	agradable
Blanquita	Mediano	Blanco	Fuerte	agradable
Kurmi	Grande	Blanco	Suave	agradable
Selección Pandela	Grande	Blanco	Sin olor	agradable
Selección Jacha Grano	Grande	Blanco	Fuerte	agradable

En el cuadro 32 se muestra aspectos cualitativos como el tamaño y olor, estos criterios definen la preferencia del consumidor. El tamaño grande de hojuelas es apreciado en el mercado, como también las hojuelas de olor suave

### 5.6.1. Porcentaje de sémola

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de sémola en variedades de quinua comercial (cuadro 33), muestra diferencias altamente significativas para las variedades, por lo que el porcentaje de sémola obtenida en las diez variedades de quinua son estadísticamente diferentes de las otras variedades

evaluadas. El coeficiente de variación del 14.7% determina la confiabilidad en el manejo de los datos.

**Cuadro 33. Análisis de varianza para el porcentaje de sémola de las diez variedades de quinua comercial.**

FV	GL	SC	CM	F- Valor	Pr>F
Variedades	9	70.676	7.853	2.80	0.019
Bloques	3	23.149	7.716	2.75	
Error	27	75.829	2.808		
Total	39	169.654			
CV (%)	14.7				

FV=Fuentes de Variación; CV=Coeficiente de Variación; \*\*=Altamente significativo; \*=Significativo; ns=no significativo.

En el siguiente cuadro 34, se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan para el porcentaje de sémola en las variedades de quinua, permite diferenciar tres grupos de medias similares, aunque la mayoría de los grupos comparten medias con otros grupos.

Las variedades Selección Jacha Grano, Patacamaya, Chucapaca, Surumi, Intinaira, Maniqueña, Kurmi y Jacha Grano son los que presenta mayor porcentaje de sémola 13.22% a 10.50%, mientras las variedades Selección Pandela y Blanquita son los que tienen menor porcentaje de sémola 9.47% a 9.07%. Tanto menor sea el porcentaje de sémola, mejor es el grano para elaborar hojuelas.

Con respecto al porcentaje de sémola se puede evidenciar que en las variedades Selección Jacha Grano, Patacamaya, Chucapaca, Surumi, Intinaira, Maniqueña, Kurmi y Jacha Grano son los que se desmenuzan después de oreado y forman mayor proporción de sémola. Sin embargo, las variedades Selección Pandela y Blanquita no se desmenuzan y tiene menor porcentaje de sémola después de oreado y secado bajo sombra.

En general, las variedades evaluadas presenta una media de 11.44% de sémola.

**Cuadro 34. Comparación de medias y prueba de Duncan para porcentaje de sémola.**

Variedad	% _ sémola	Duncan
10 Selección Jacha Grano	13.22	A
5 Patacamaya	12.80	A
4 Chucapaca	12.65	A
3 Surumi	11.92	A B
2 Intinaira	11.90	A B
1 Maniqueña	11.85	A B
8 Kurmi	10.97	A B C
6 Jacha Grano	10.50	A B C
9 Selección Pandela	9.47	B C
7 Blanquita	9.07	C
Media	11.44	

De los resultados obtenidos en las pruebas del porcentaje de sémola en las diez variedades de quinua comercial son casi similares a los resultados que obtuvieron Mujica *et al.* (2006) para el porcentaje de sémola en diez genotipos estudiados para la agroindustria Chucapaca 9.0%, Sayaña 15%, Kamiri 13%, Kankolla 5%, Pisankalla 6%, Masal 389 Blanco 3.5%, Masal 389 Negro 5%, Chullpi 11%, Toledo 16%, y Pandeia 17%, también indican que la adherencia del embrión está directamente relacionada con el porcentaje de harinilla considerada como pérdidas.

### **5.6.2. Diámetro de hojuelas**

En el cuadro 35, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) para el diámetro de hojuelas en variedades de quinua comercial donde existe diferencias altamente significativas entre variedades, por lo que el diámetro de las hojuelas en las diez variedades de quinua, son estadísticamente distintas al resto de las variedades. El coeficiente de variación del 1.8% determina la confiabilidad en el manejo de los datos.

**Cuadro 35. Análisis de Varianza (ANVA) para el diámetro de hojuelas en variedades de quinua comercial.**

F.V.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
Variedades	9	6.22029	0.69114	49.86	0.001**
Bloques	3	0.05859	0.01953	1.41	
Error	27	0.37429	0.01386		
Total	39	6.65317			
CV (%)	1.8				

FV=Fuentes de Variación; CV=Coeficiente de Variación; \*\*=Altamente significativo; \*=Significativo; ns=no significativo.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Duncan para diámetro de hojuelas en las variedades de quinua en el (cuadro 36), permite diferenciar cuatro grupos de medias similares aunque algunos grupos comparten medias con otros grupos.

Las variedades Jacha Grano, Selección Jacha Grano, Maniqueña, Patacamaya, Kurmi y Surumi son las que sobre salen con mayor diámetro de hojuelas 7.2 mm a 6.4 mm, mientras que las variedades, Selección Pandela, Chucapaca y Blanquita presentan hojuelas de menor tamaño, variando entre 5.5 y 6.2 mm de diametro. El diametro promedio de las variedades evaluadas es de 6.3 mm.

La variedad Blanquita es el que tiene menor diámetro de hojuela 5.5 mm lo que quiere decir que granos de tamaño pequeño también reportan hojuelas de menor tamaño, mostrando una relación directa.

**Cuadro 36. Comparación de medias y prueba de Duncan para diámetro de hojuelas.**

Variedad	Diámetro de hojuelas mm	Duncan
6 Jacha Grano	7.212	A
10 Selección Jacha Grano	6.556	A
1 Maniqueña	6.533	A
5 Patacamaya	6.451	A B
8 Kurmi	6.440	AB
3 Surumi	6.425	A B C
2 Intinaira	6.324	B C
9 Selección Pandela	6.247	C D
4 Chucapaca	6.124	D
7 Blanquita	5.536	D
Media	6.385	

Los resultados obtenidos sobre el diámetro de hojuelas en las diez variedades de quinua no son tan similares a lo reportado por Mujica *et al.* (2006) ya que obtuvieron promedios de diámetro mucho menores en los diez genotipos evaluados para la agroindustria: Chucapaca 3.6 mm, Sayaña 4.0 mm, Kamiri 4.0 mm, Kankolla 3.5 mm, Masal 389 Blanco 4.2 mm, Masal 389 Negro 4.2 mm, Chullpi 3.8 mm, Toledo 3.8 mm, Pandela 4.4 mm y Pisankalla 4.5 mm.

Los mismos autores indican las variedades con mayor diámetro en hojuelas fueron: Ratuqui 5.4 mm, Pasankalla 5.2 mm y Amarilla de Marangan 5.0 mm y las de menor diámetro: Blanca de Juli 3.0 mm, Nariño 3.0 mm y Chullpi 3.2 mm.

Según IBNORCA (2007), los requisitos para hojuelas de quinua menciona diámetros superiores a 1.0 mm y el porcentaje de componentes finos (sémola) no debe ser mayor a 30% en (Anexos).

### 5.6.3. Volumen de hojuelas

En el cuadro 37, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) para volumen de hojuelas en las variedades de quinua comercial, donde existe diferencias altamente significativas para las variedades, lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades en volumen. El coeficiente variación del 5.4% muestra la confiabilidad en el manejo de los datos.

**Cuadro 37. Análisis de Varianza (ANVA) para el volumen de hojuelas en variedades de quinua comercial.**

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr>F
variedades	9	119847	13316	11.11	0.001**
Bloques	3	1973	685	0.55	
Error	27	32361	1199		
Total	39	154182			
CV (%)	5.4				

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

En el siguiente cuadro 38, se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan para el volumen hojuelas donde se incrementaban en relación al volumen de grano empleado que permite diferenciar tres grupos de medias similares.

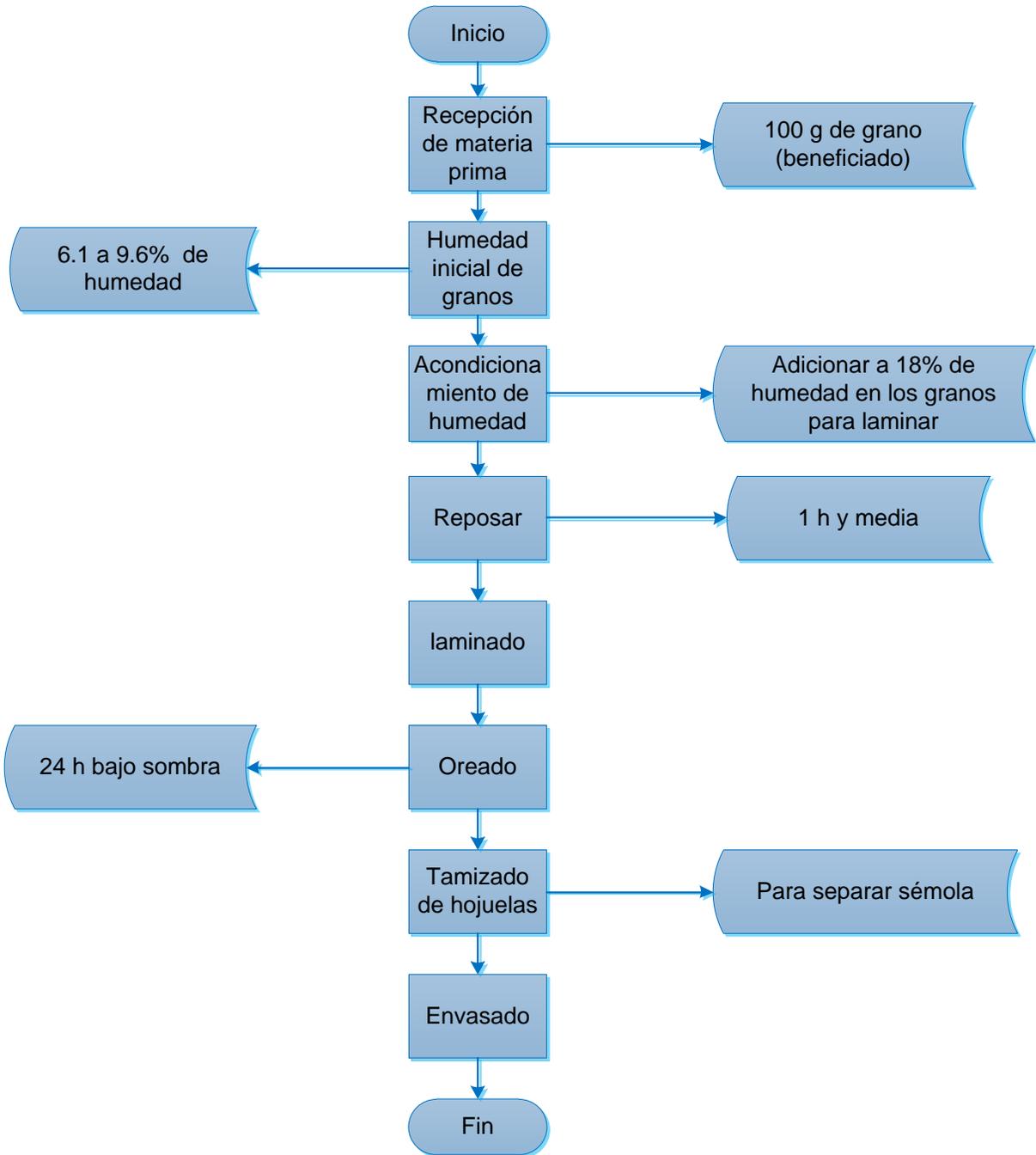
Las variedades Maniqueña y Selección Pandela son los que tiene menor volumen de hojuelas 540.2% a 551.5%, seguida de variedades Selección Jacha Grano 618.2%, Blanquita 652%, Intinaira 656.5%, Patacamaya 658.5%, Surumi 662%, Chucapaca 665% y Jacha Grano 669%, respectivamente La variedad que tiene mayor volumen de hojuelas es la variedad Kurmi 734.8% de volumen. El volumen de hojuelas al igual que en otras variedades es distinto por tanto su volumen varia de cada variedad.

**Cuadro 38. Comparación de medias y prueba de Duncan para el volumen de hojuelas.**

Variedad	Vol. Hoj.	Duncan
1 Maniqueña	540.2	A
9 Selección Pandela	551.5	A
10 Selección Jacha Grano	618.2	B
7 Blanquita	652	B
2 Intinaira	656.5	B
5 Patacamaya	658.5	B
3 Surumi	662	B
4 Chucapaca	665	B
6 Jacha Grano	669.2	B
8 Kurmi	734.8	C
Media	640.8	

Al respecto sobre el volumen de hojuelas una vez transformado en hojuelas se aumenta su volumen de 3 a 5 veces en relación al volumen de grano. Las diferencias en volumen de hojuela representan que las variedades tienen características para la transformación en hojuelas. Actualmente, las industrias no consideran estas variables para elaborar hojuelas probablemente por la falta de información al respecto.

## Flujograma para la transformación de hojuelas



## 6. CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos en la presente investigación se tienen las siguientes conclusiones.

El análisis de pureza varietal en las quinuas dulces mostraron 9.3% a 2.7% con plantas de grano amargo y para las variedades de quinua amarga se tienen 2.0% de plantas de grano dulce atribuible una polinización cruzada.

Las diez variedades de quinua comercial presentan diferentes tamaños de grano, la variedad que tiene mayor porcentaje de grano grande es la Jacha grano y la variedad Chucapaca tiene mayor porcentaje de grano mediano  $\leq 1.10$  mm.

Las variedades que tienen mayor peso hectolítrico en granos son: Maniqueña 73.79 kg/100 l, Selección Pandela 73.71 kg/100 l e Intinaira 73.28 kg/100 l.

Las variedades de quinua comercial muestran diferencias altamente significativas en el proceso de escarificado, donde existen mayores incidencias de pérdidas de peso en las quinuas amargas 6.4% a 5.1%.

El tiempo de escarificado en las quinuas comerciales para 300 g tienen valores promedios que varían entre 26 a 31 segundos bajo la acción de una microbeneficiadora.

El porcentaje de pérdida de granos rotos, embriones desprendidos en las variedades de quinua muestran diferencias significativas; identificándose cuatro variedades con mayor porcentaje de pérdida Selección Pandela, Intinaira, Blanquita y Patacamaya con pérdidas de 2.4%, 2.1% 1.3% y 1.0% respectivamente, mientras las otras variedades tiene menor porcentaje de pérdida.

El tiempo de lavado manual de granos escarificados muestran diferencias reflejando diferentes tiempos entre quinua amarga y quinua dulce, también el porcentaje de pérdidas durante el proceso de lavado manual refleja diferentes pérdidas de peso en las variedades Jacha Grano, Selección Pandela, Blanquita y Selección Jacha Grano con 4.7%, 4.7%, 4.5% y 4.3% respectivamente y las otras variedades tienen menor porcentaje de pérdida.

La proporción de pérdidas totales de peso, en el proceso de beneficiado en las variedades de quinua comercial registran diferencias reflejando mayor pérdida en la variedad Selección Pandela con 12.63% (amarga) y menor pérdida en Kurmi con 4.9% (dulce).

Las características de las hojuelas analizadas muestran diferencias, identificándose cuatro variedades con buena calidad industrial para la transformación en hojuelas de quinua (Selección Pandela, Blanquita, Kurmi y Jacha Grano).

El porcentaje de sémola obtenida en las variedades de quinua comercial registra diferencias altas para las variedades estudiadas y se identificó tres variedades con mayor porcentaje de sémola (Selección Jacha Grano, Patacamaya y Chucapaca).

El volumen de las hojuelas Vs el volumen de los granos en las variedades de quinua comercial muestran diferencias altamente significativas, evidenciándose al menos 3 a 5 veces en el incremento del volumen en hojuelas Vs el volumen de granos.

## **7. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que para el beneficiado los granos de la quinua debieran ser conservados en mejores condiciones desde la cosecha y poscosecha para evitar daños y humedecimiento en los granos.

Se recomienda que para el uso de la microbeneficiadora los granos para el proceso de escarificado deben ser libres de impurezas y limpios

Para realizar el proceso de transformación en hojuelas de quinua primero se debe determinar la humedad de almacenamiento y de los granos beneficiados para adicionar la humedad requerida para el laminado.

Se sugiere tomar medidas de manejo para evitar la contaminación de grano por piedrecillas y arena puesto que influye en el tiempo y consumo de agua durante el beneficiado.

Su recomienda emplear variedades según sus propiedades para la elaboración de hojuelas.

## 8. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Aroni, J. 2005. Fascículo 5 – Cosecha y pos cosecha: PROINPA y FAUTAPO (eds.). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinua: Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinua Orgánica. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre de 2005. 101p.
- Aroni, J; Aroni, G. 2005. Fascículo 2. Manejo de semilla. In: PROINPA y FAUTAPO (eds.). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinua: Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinua Orgánica. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre de 2005. 101p.
- Aroni, G; Villca, M; Pinto, M; Rojas, W. 2013. Congreso Científico de la Quinua. Tecnología de procesamiento de quinua a pequeña escala en el Altiplano Sur de Bolivia. 635-637 p.
- Aroni, J; Cayoja, M; Layme, M. 2009. Situación Actual al 2008 de la quinua real en el Altiplano Sur Boliviano: Oruro, Bolivia. Fundación educación FAUTAPO. 172 p.
- Aroni, G; Villca, M; Astudillo, D. 2008. Ficha Técnica Microbeneficiadora mecánica de quinua. En el marco del Proyecto NUS IFAD LL. La Paz. Bolivia
- Asociación Latinoamericana de Integración ALADI, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. 2014. Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinua: FAO. Santiago, Chile.
- Bonifacio, A; Gomez, P; Rojas, W. (2014). Mejoramiento genético de la quinua y el desarrollo de variedades modernas: Parte 2 aspectos agronómicos y ecológicos Eds “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): sp
- Bonifacio, A; Aroni, G. y Villca, M. 2012. Catalogo Etnobotánica de la quinua real: Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia. 123 p.

- Bonifacio, A. 2006. El Futuro de los Productos Andinos en la Región Alta y los Valles Centrales de los Andes, ONUDI sp.
- Bonifacio, A; Vargas, A; Aroni, G. 2003. Ficha Técnica N° 6 Variedad. Quinoa Jacha Grano. Instituciones que apoyaron. MACIA PREDUZ Mcknight UMSA.
- Bonifacio, A; Vargas, A. 2005. Ficha Técnica N° 12 Variedad de Quinoa Kurmi. Instituciones que apoyaron. Mcknight BYU.
- Bergesse, AE; Boiocchi, PN; Calandri, EL; Cervilla, NS; Gianna, V; Guzmán, CA; Miranda, PP; Montoya, PA; Mufari, JR. 2015. Aprovechamiento Integral del grano de Quinoa. Aspectos Tecnológicos Físicoquímicos Nutricionales y Sensoriales. Eds. G. Florencia V. Córdoba- Argentina. 238 p.
- Cámara Nacional de la Industria Molinera del trigo, 2006. Informe de calidad de trigo Ciclo Otoño – Invierno 2005 / 2006. (En línea) consultado el 27 octubre de 2015. Disponible en: <http://harina.org>.
- Canahua. M, A; Valdivia. F, R; Mujica. S, A; Allasi. A, M. 2003. Beneficios Nutritivos y Formas de Consumo de la Quinoa. (*Chenopodium quinoa* Willd) y de la Kañihua. (*Chenopodium pallidicaule* Aellen): Eds. A. Flores. CARE PERU – UNA II- CIRNMA. PUNO – PERU. 43p.
- El Diario. 2015. Quinoa peruana inunda mercado mundial y exportación boliviana cae en 42.5%. El diario economía. La Paz. Consultado 4 de Septiembre 2015 disponible en <http://www.eldiario.net/noticias/2015/2015>.
- Flores, J; Chilquillo, M; Cusiatao, G; Pujaico, G; Arlanya, Y; Chávez, V; Sarmiento, R; Risco, A. 2010. Tecnología productiva de la quinua. (Modulo I). Solid opd. 74 p.
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 58p.
- Fundación PROINPA. 2004. Estudio de los Impactos Sociales, Ambientales y Económicos de la Promoción de la Quinoa en Bolivia: Eds. W. Rojas; JL. Soto y E. Carrasco 86 p.

- Gandarillas, A; Rojas, W; Bonifacio, A; Ojeda, N. 2014. La quinua en Bolivia: perspectiva de la Fundación PROINPA: Parte 5 contexto del cultivo en su área originaria. Eds. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia) sp.
- Gomez, L; Eguiluz, A. 2011. Catálogo del banco de germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). Programa de cereales y granos nativos de la Facultad de Agronomía Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima.
- Gonzales, G. 1985. Métodos estadísticos y principios de diseño experimental. 2<sup>d</sup> ed. Universidad Central del Ecuador – Quito p 371.
- IICA. 2014. Consultoría: Estudio de la producción y mercado de la quinua. La Paz 29 de agosto de 2014. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura 162 p.
- IBCE. 2013. La Quinua Boliviana Traspasa Fronteras para el Consumo Mundial. Instituto Boliviano de Comercio Exterior – DANIDA - Embajada Real de Dinamarca, Comercio Exterior 24:1-28. Consultado 4 Sept. 2015 Disponible en:[http://ibece.Org.bo/images/publicaciones/ce\\_210\\_la quinua\\_boliviana\\_traspasa\\_fronderas.pdf](http://ibece.Org.bo/images/publicaciones/ce_210_la_quinua_boliviana_traspasa_fronderas.pdf).
- IBNORCA. (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad). NB – NA 0039: 2007 Granos Andinos – Pseudo Cereales Hojuelas de Quinua Requisitos.
- IBNORNCA. (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad). NB – NA 0032: 2015 Granos Andinos – Pseudo Cereales – Quinua en grano – Definiciones Clasificación.
- IBNORCA. (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad). NB – NA 0038: 2007 Granos Andinos – Pseudo Cereales – Quinua en Grano – Clasificación y Requisitos.
- Los Tiempos Economía. 2015. Valor de Ventas de Quinua al Exterior Esta en Caída Libre. Consultado 4 Sept. 2015. Disponible en [http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/economia/20150703/valor-de\\_](http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/economia/20150703/valor-de_)

- MDRyT y CONACOPROQ. 2009. Política Nacional de la Quinua. Ministerio de Desarrollo Rural y tierras. (MDRyT) Consejo Nacional de Comercializadores y productores de Quinua (CONACOPROQ) 134p.
- Marca, S; Chaucha, W; Quispe, J; Mamani, V. 2011. Comportamiento actual de los agentes de la cadena productiva de quinua en la región de Puno: Dirección Regional Agraria de Puno. Proyecto: Desarrollo de Capacidades de la Cadena Productiva de Quinua en la Región Puno, Perú 82p.
- Moreno, A; Sánchez, L. 2013. Catálogo de maquinaria para procesamiento de quinua. GIZ. Ed. Llata SAC.41 p.
- Mujica, A; Ortiz, R; Bonifacio, A; Saravia, R; Corredor, G; Romero, A; Jacobsen, SE. 2006. Agroindustria de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en los países andinos Perú – Bolivia – Colombia, PNUD – CONCYTEC – UNA – PROINPA – U. Colombia. Puno, Perú. 113p.
- Muriel, B; Evia, T. 2010. Estudios de caso: La Quinua una Opción para Mejorar los Ingresos Rurales en Bolivia. Tesis Msc. Para el Desarrollo Escuela de la Producción y la Competitividad. Universidad Católica Boliviana. La Paz, Bolivia 21p.
- Nieto, C; Vimos, C. 1992. La Quinua. Cosecha y Pos cosecha Algunas Experiencias en Ecuador. Boletín Divulgativo N0 224. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP s p.
- Pari, N; Baudoin, A. 2014. Dinámicas Territoriales: Pequeña Producción de Quinua en el Municipio de Pampa Aullagas, CEDLA, La Paz, Bolivia.164 p.
- Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos – PROINPA (2008). Micro-Beneficiadora Mecánica de quinua. Ficha Técnica.
- Quiroga, C; Escalera, R; Aroni, G; Bonifacio, A; Gonzales, JA; Villca, M; Saravia, R; Ruiz, A. (2014). Procesos tradicionales e innovaciones tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. Capítulo 3.1. IN: BAZILE D. et al. (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): sp

- Reynaga, M; Calderon, I; Angel, H; Soto, J L. 2013. Caracterización físico – química y nutricional de los 13 ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) del altiplano sur de Bolivia con fines agroindustriales y exportación. IIAT. Carrera química industrial facultada técnica – UMSA. 517 p 524 pdf.
- Rojas, W; Soto, J; Pinto, M; Jäger, M; y S. Padulosi. (Editores) 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersity Internacional, Roma, Italia. 178p.
- Salcedo, S; Santivañez, T; Basile, D; Bertero, D; Nieto, C; Miranda, R; Miranda, M. 2014. Estado del Arte de la Quinoa en el Mundo.2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). 724 p.
- Saravia, R; Plata, G.; Gandarillas, A. (2014).Plagas y enfermedades del cultivo de quinua. Fundación PROINPA.
- Salcines, M. (2009). Cadena agroalimentaria de la quinua y la maca peruana y su comercialización en el mercado Español. Tesis Doctoral. E. T.S. Ingenieros Agrónomos de Madrid. Consultado 15 febr. 2015. Disponible en [http://oa.upm.es/3085/1/FERNANDO\\_SALCINES\\_MINAYA.pdf](http://oa.upm.es/3085/1/FERNANDO_SALCINES_MINAYA.pdf).
- Subieta, C; Quiroga, C; Escalera, R; Arteaga, L. (2014). Caracterización fisicoquímico de tres fuentes subutilizadas de almidón de la región andina de Bolivia. Recuperación de residuos sólidos con alta concentración de saponina del proceso de beneficiado en seco de granos de quinua amarga mediante la aplicación de un lecho fluidizado de tipo surtidor (LFTS). CIAAA Centro de investigación en procesos industriales. Universidad Privada Boliviana 12 p.
- Tapia, M; Gandarillas, H; Alandia, S; Cardozo, A; Mujica, A; Ortiz, R; Otazu, V; Rea, J; Salas, B; Zanabria, E. 1979. La Quinoa y la Kañiwa: Cultivos Andinos. Ed. S Feferbaum y J Rojas. Bogotá, Colombia Editorial IICA. 227p.
- Valdivieso, j; Rivadeneira, V. 2992. Diseño y construcción de una maquina escarificadora de quinua por vía seca en un flujo continuo. INIAP. CCID. Quito. Ecuador. 249 p.

Vargas, A; Bonifacio, A; Rojas, W. 2013. Agroindustria. Mejoramiento para calidad industrial de la quinua. 497 p. 507 p.

Villacrés, E; Peralta, E; Egas, L; Mazón, N. 2011. Potencial Agroindustrial de la Quinoa. Boletín Técnico N<sup>o</sup> 146. Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. 32p.

## ANEXOS

Cuadro 1. Entrecruzamiento con grano amargo y dulce.

	Genotipo	rr=verde	DD	dd	Nro.Pta	%DD	%dd	Peso Total
Bloques	Variedad	Fenotipo	DD	dd	Nro.Pta	%DD	%dd	Peso Total
1	Maniqueña	rr GG DD	77	5	82	93,9	6,097561	586 g.
1	Intinaira	rr GG dd	4	96	100	4	96	1078.4g
1	Surumi	P.P GG dd	12	88	100	12	88	533.0 g
1	Chucapaca	RR GG dd	1	99	100	1	99	969.1 g
1	Patacamaya	rr GG	6	144	150	4	96	1190 g
1	Jacha Grano	rr GG DD	100	0	100	100	0	3210.5 g
1	Blanquita	rr GG dd	1	99	100	1	99	1664.3 g
1	Kurmi	rprp GG dd	4	96	100	4	96	1029.4 g
1	Selec Pandela	rpr GG DD	200	0	200	100	0	1216 g
1	Sel Jacha Grano	rr GG DD	100	0	100	100	0	2197.9 g
2	Maniqueña	rr GG DD	145	3	148	98	2,027027	1052
2	Intinaira	rr GG dd	6	94	100	6	94	1029.4g
2	Surumi	P.P GG dd	11	89	100	11	89	637.1 g
2	Chucapaca	rr GG dd	3	97	100	3	97	849.7 g
2	Patacamaya	rr GG dd	3	147	150	2	98	1484.7 g
2	Jacha Grano	rr GG DD	100	0	100	100	0	3199.3 g
2	Blanquita	rr GG dd	2	98	100	2	98	1631.8 g.
2	Kurmi	rprp GG dd	3	97	100	3	97	1466.1 g
2	Selec Pandela	P.P GG DD	159	1	160	99,4	0,625	819.2 g
2	Sel Jacha Grano	rr GG DD	100	0	100	100	0	2307.5 g
3	Maniqueña	rr GG DD	140	0	140	100	0	1127 g
3	Intinaira	rr GG dd	3	97	100	3	97	1101.5g
3	Surumi	P.P GG DD	9	91	100	9	91	768.2 g.
3	Chucapaca	rr GG dd	7	93	100	7	93	766.1 g
3	Patacamaya	rr GG dd	11	89	100	11	89	1744.8 g
3	Jacha Grano	rr GG DD	100	0	100	100	0	2591.8 g
3	Blanquita	rr gg dd	3	97	100	3	97	1899.7 g
3	Kurmi	rprp GG dd	7	93	100	7	93	1188.1 g.
3	Selec Pandela	P.P GG DD	150	0	150	100	0	559.1 g
3	Sel Jacha	rr GG DD	100	0	100	100	0	1593.6 g

	Grano							
4	Maniqueña	rr GG DD	84	1	85	98,8	1,1764706	378.6 g
4	Intinaira	rr GG dd	6	94	100	6	94	108.3 g
4	Surumi	P.P GG dd	5	95	100	5	95	960.5 g.
4	Chucapaca	rr GG DD	2	98	100	2	98	1099.5 g
4	Patacamaya	rr GG dd	5	95	100	5	95	2133.2 g
4	Jacha Grano	rr GG DD	100	0	100	100	0	3099.8 g
4	Blanquita	rr GG dd	2	98	100	2	98	2207.4 g
4	Kurmi	rprp GG dd	4	96	100	4	96	1413.6 g.
4	Selec Pandela	P.P GG DD	189	1	190	99,5	0,5263158	839.4 g
4	Sel Jacha Grano	rr GG DD	100	0	100	100	0	3176.9 g
5	Maniqueña	rr GG DD	82	2	84	97,6	2,3809524	379. g
5	Intinaira	rr GG dd	5	95	100	5	95	1194.3 g
5	Surumi	P.P GG dd	11	89	100	11	89	786.8 g.
5	Chucapaca	rrGG dd	2	98	100	2	98	1002.0 g
5	Patacamaya	rr GG dd	4	96	100	4	96	2205.2 g
5	Jacha Grano	rrGG DD	100	0	100	100	0	2759.0 g.
5	Blanquita	rr GG dd	3	97	100	3	97	1702.8 g.
5	Kurmi	rprp GG dd	1	99	100	1	99	1469.9 g.
5	Selec Pandela	P.P GG DD	188	2	190	98,9	1,0526316	1049.1 g
5	Sel Jacha Grano	rr GG DD	100	0	100	100	0	1604.3 g
6	Maniqueña	rr GG DD	0	0	0	0	0	0
6	Intinaira	rr GG dd	4	96	100	4	96	1026.6 g.
6	Surumi	P.P GG dd	8	92	100	8	92	614.7 g.
6	Chucapaca	rr GG dd	1	99	100	1	99	1054.5g.
6	Patacamaya	rr GG dd	2	98	100	2	98	2640.2 g
6	Jacha Grano	rr GG DD	100	0	100	100	0	2445.5 g.
6	Blanquita	rrGG dd	6	94	100	6	94	1874.6 g
6	Kurmi	rprp GG dd	5	95	100	5	95	1042.4 g
6	Selec Pandela	rpr GG DD	148	2	150	98,7	1,3333333	1122.4 g
10	Sel Jacha Grano	rr GG DD	100	0	100	100	0	2253.3 g

Cuadro 2. Categorización de grano de las diez variedades de quinua comercial y grano lavado y su peso hectolítrico.

Bloques	Variedad	GG	GM	GP	GG Lav	GM Lav	GP Lav	Peso Hec
1	Maniqueña	53	44,5	2,5	4,2	42,8	3	74,1
1	Intinaira	7,2	87	5,8	1,5	45,1	3,4	73,55
1	Surumi	11,8	82,5	5,7	3,7	45	1,3	72,05
1	Chucapaca	0	89,3	10,7	0	46,4	3,6	72,95
1	Patacamaya	19,5	75,8	4,7	2,9	44,5	2,6	72,55
1	Jacha grano	51,7	45,1	3,2	17,9	30,7	1,4	72,95
1	Blanquita	0	78,1	21,9	0	40,3	9,7	70,55
1	Kurmi	6,4	87,1	6,5	3,8	44,6	1,6	72,5
1	S. Pandela	5,2	86,1	8,7	1,6	44,1	4,3	72,25
1	S. J. G.	13,8	80,8	5,4	2,1	46,4	1,5	73,9
2	Maniqueña	46,1	51,3	2,6	3,3	43,5	3,2	74,25
2	Intinaira	7,8	84,5	7,7	1,2	46,3	2,5	73,05
2	Surumi	13,5	82,6	3,9	1,5	46,8	1,7	71,7
2	Chucapaca	0	84,5	15,5	0	45,8	4,2	72,6
2	Patacamaya	18	70,9	11,1	2,1	45,2	2,7	72,4
2	Jacha grano	52,5	44,5	3	15,8	32,6	1,6	72,45
2	Blanquita	0	85	15	0	40,1	9,9	70,7
2	Kurmi	7,7	85,4	6,9	5,2	43,7	1,1	72,85
2	S. Pandela	8,5	83	8,5	2,1	44,7	3,2	72,2
2	S. J. G.	16,1	78,2	5,7	3,3	44,8	1,9	73,2
3	Maniqueña	43	53,6	3,4	4,2	42,9	2,8	74,9
3	Intinaira	5,7	87	7,2	1,2	46,1	2,7	73,1
3	Surumi	17,4	77,2	5,4	2,5	46	1,5	72,35
3	Chucapaca	0	85,7	14,3	0	45,1	4,9	71,95
3	Patacamaya	10,8	79,7	9,5	3,6	44	2,4	72,45
3	Jacha grano	51,1	45,3	3,6	17,7	31	1,3	72,15
3	Blanquita	0	80,2	19,8	0	39,3	11	70,5
3	Kurmi	9,6	85,3	5,1	3,5	44,8	1,7	72,9
3	S. Pandela	2,8	86	11,2	1,1	43,4	5,7	74,15
3	S. J. G.	14,3	76,4	9,3	1,8	45,9	2,3	73,45
4	Maniqueña				3	43,8	3,2	74,05
4	Intinaira	6	85,9	8,1	1,3	45,9	2,8	73,05
4	Surumi	13,4	82,1	4,5	3,5	45	1,5	72,85
4	Chucapaca	0	82	18	0	44,3	5,7	72,75

4	Patacamaya	14,1	80	5,9	3,6	43,6	2,8	72,45
4	Jacha grano	49,2	48,2	2,6	15,9	32,8	1,3	72,4
4	Blanquita	0	83,6	16,4	0	42,8	7,2	70,3
4	Kurmi	9,1	84,9	6	5,8	42,4	1,8	72,4
4	S. Pandela	5,9	78,8	15,3	1,2	44,3	4,5	74,35
4	S. J. G.	15,3	75,5	9,2	3,2	44,4	2,4	73,95

Cuadro 3. Beneficiado de las diez variedades de quinua comercial

Peso Inicial	Tiempo	PesoBene	G	%perd Ben	PesoSinGranoPartido	Partido	%Partido
300	<b>43</b>	279,7	20,3	<b>6,76667</b>	277,3	2,4	<b>0,85806</b>
300	<b>40</b>	287,5	12,5	<b>4,16667</b>	280,2	7,3	<b>2,53913</b>
300	<b>26</b>	290,8	9,2	<b>3,06667</b>	289	1,8	<b>0,61898</b>
300	<b>30</b>	292,6	7,4	<b>2,46667</b>	290,6	2	<b>0,68353</b>
300	<b>28</b>	290,9	9,1	<b>3,03333</b>	288,8	2,1	<b>0,7219</b>
300	<b>29</b>	282,6	17,4	<b>5,8</b>	281,5	1,1	<b>0,38924</b>
300	<b>36</b>	290,3	9,7	<b>3,23333</b>	286,4	3,9	<b>1,34344</b>
300	<b>33</b>	293,2	6,8	<b>2,26667</b>	291,4	1,8	<b>0,61392</b>
300	<b>35</b>	280	20	<b>6,66667</b>	272,1	7,9	<b>2,82143</b>
300	<b>27</b>	287,9	12,1	<b>4,03333</b>	286	1,9	<b>0,65995</b>
300	25	282	18	<b>6</b>	280,1	1,9	<b>0,67376</b>
300	26	290,8	9,2	<b>3,06667</b>	285,7	5,1	<b>1,75378</b>
300	26	292,5	7,5	<b>2,5</b>	289,9	2,6	<b>0,88889</b>
300	28	292	8	<b>2,66667</b>	289,7	2,3	<b>0,78767</b>
300	26	289,1	10,9	<b>3,63333</b>	286,3	2,8	<b>0,96852</b>
300	27	281,5	18,5	<b>6,16667</b>	279,9	1,6	<b>0,56838</b>
300	28	292,4	7,6	<b>2,53333</b>	291,1	1,3	<b>0,4446</b>
300	26	292,9	7,1	<b>2,36667</b>	291,8	1,1	<b>0,37555</b>
300	28	283,3	16,7	<b>5,56667</b>	276,1	7,2	<b>2,54148</b>
300	28	285,6	14,4	<b>4,8</b>	283,6	2	<b>0,70028</b>
300	28	283,7	16,3	<b>5,43333</b>	281,6	2,1	<b>0,74022</b>
300	25	291,4	8,6	<b>2,86667</b>	286,1	5,3	<b>1,81881</b>
300	26	292	8	<b>2,66667</b>	290,1	1,9	<b>0,65068</b>
300	29	291,5	8,5	<b>2,83333</b>	289,6	1,9	<b>0,6518</b>
300	23	284,9	15,1	<b>5,03333</b>	282,2	2,7	<b>0,9477</b>
300	28	280,6	19,4	<b>6,46667</b>	279,2	1,4	<b>0,49893</b>
300	30	290,2	9,8	<b>3,26667</b>	286,4	3,8	<b>1,30944</b>
300	29	293,2	6,8	<b>2,26667</b>	291,4	1,8	<b>0,61392</b>

300	26	284,9	15,1	<b>5,03333</b>	278,6	6,3	<b>2,2113</b>
300	28	284,3	15,7	<b>5,23333</b>	280,7	3,6	<b>1,26627</b>
300	28	284	16	<b>5,33333</b>	280,3	3,7	<b>1,30282</b>
300	27	290,1	9,9	<b>3,3</b>	282,9	7,2	<b>2,4819</b>
300	28	291,5	8,5	<b>2,83333</b>	289,1	2,4	<b>0,82333</b>
300	28	291,5	8,5	<b>2,83333</b>	288,7	2,8	<b>0,96055</b>
300	29	286	14	<b>4,66667</b>	281,7	4,3	<b>1,5035</b>
300	29	278,9	21,1	<b>7,03333</b>	276,2	2,7	<b>0,96809</b>
300	30	291,1	8,9	<b>2,96667</b>	285,5	5,6	<b>1,92374</b>
300	28	291,5	8,5	<b>2,83333</b>	288,8	2,7	<b>0,92624</b>
300	27	285,5	14,5	<b>4,83333</b>	279,7	5,8	<b>2,03152</b>
300	27	281,5	18,5	<b>6,16667</b>	278,3	3,2	<b>1,13677</b>

Cuadro 4. Lavado y pérdida total en el beneficiado

<b>TiempoLav</b>	<b>VolumenH2O</b>	<b>%Hal</b>	<b>%Hlav</b>	<b>PesoLavado</b>	<b>lavado</b>	<b>%PLav</b>	<b>%PerdTotal</b>
631	3000	7,6	8,7	264,9	12,4	4,4717	12,0964
364	1800	8,5	8,9	273,7	6,5	2,3198	9,02557
342	1800	8	8,6	279,6	9,4	3,2526	6,93824
393	1800	6,7	7,7	283,8	6,8	2,34	5,49018
362	1800	6,8	6,7	286,6	2,2	0,7618	4,517
767	3000	10,1	8,1	265,8	15,7	5,5773	11,7665
361	1800	10,2	9,4	273,4	13	4,5391	9,11588
372	1800	6,3	6	279,1	12,3	4,221	7,10158
653	3000	5,9	7,2	259,5	12,6	4,6307	14,1187
674	3000	10,3	9	263,8	22,2	7,7622	12,4555
486	3000	8,2	8,2	268,6	11,5	4,1057	10,7794
246	1800	8,9	7,9	275,4	10,3	3,6052	8,42563
222	1800	9,3	6,9	274,5	15,4	5,3122	8,70107
235	1800	5,9	7,8	284,6	5,1	1,7604	5,21478
216	1800	6,6	6,5	277,1	9,2	3,2134	7,81527
422	3000	7,9	7,3	265,2	14,7	5,2519	11,9869
242	1800	9,8	7,8	278,3	12,8	4,3971	7,37504
183	1800	5,6	7,7	291,4	0,4	0,1371	2,8793
363	3000	5,5	6	267,3	8,8	3,1873	11,2954
387	3000	8,5	8	269	14,6	5,1481	10,6484
466	3000	9,6	7,8	272,1	9,5	3,3736	9,54713
249	1800	9,3	7,9	279,2	6,9	2,4117	7,09722
203	1800	8,7	7,9	283,2	6,9	2,3785	5,69584
213	1800	7,5	7,9	281,9	7,7	2,6588	6,14397

214	1800	7,6	6	273,4	<b>8,8</b>	<b>3,1184</b>	<b>9,09939</b>
370	3000	9,6	6,9	267,2	<b>12</b>	<b>4,298</b>	<b>11,2636</b>
286	1800	9,3	8,6	273,1	<b>13,3</b>	<b>4,6439</b>	<b>9,21996</b>
219	1800	6,6	7,8	287,2	<b>4,2</b>	<b>1,4413</b>	<b>4,3219</b>
373	3000	5,9	5,3	262,6	<b>16</b>	<b>5,743</b>	<b>12,9876</b>
409	3000	7,5	8,5	271,1	<b>9,6</b>	<b>3,42</b>	<b>9,91962</b>
422	3000	6,3	7,7	271,2	<b>9,1</b>	<b>3,2465</b>	<b>9,88267</b>
293	1800	8,1	8,3	277,2	<b>5,7</b>	<b>2,0148</b>	<b>7,79675</b>
226	1800	8,7	7,3	278,6	<b>10,5</b>	<b>3,632</b>	<b>7,28862</b>
195	1800	6,3	6	277	<b>11,7</b>	<b>4,0526</b>	<b>7,84653</b>
188	1800	6,7	6,9	273,4	<b>8,3</b>	<b>2,9464</b>	<b>9,11656</b>
380	3000	9,7	8,5	266	<b>10,2</b>	<b>3,693</b>	<b>11,6944</b>
257	1800	9,2	8	273,3	<b>12,2</b>	<b>4,2732</b>	<b>9,16361</b>
208	1800	5,6	7,2	284,2	<b>4,6</b>	<b>1,5928</b>	<b>5,35237</b>
394	3000	5,9	6,2	265	<b>14,7</b>	<b>5,2556</b>	<b>12,1205</b>
399	3000	8,4	8,3	267,5	<b>10,8</b>	<b>3,8807</b>	<b>11,1841</b>

Cuadro 5. Procesamiento de hojuelas de quinua de las diez variedades

Bloques	Variedad	Peso_In	P_Hojuelas	P_semola	Dia_Hojuela	Peso_Total
1	1	100	85	14,1	6,4565	99,1
1	2	100	85,8	13,4	6,3315	99,2
1	3	100	87,5	11	6,3435	98,5
1	4	100	87,7	12,6	6,0685	100,3
1	5	100	89,1	12	6,497	101,1
1	6	100	87,4	11,6	7,133	99
1	7	100	90	9,3	5,5765	99,3
1	8	100	89	12,3	6,3415	101,3
1	9	100	89	11,2	6,2385	100,2
1	10	100	85,2	13,1	6,4765	98,3
2	1	100	87	14	6,5475	101
2	2	100	86,9	12,9	6,116	99,8
2	3	100	88,5	12,8	6,4655	101,3
2	4	100	85,6	14,1	6,159	99,7
2	5	100	87	13	6,3285	100
2	6	100	90	10	7,267	100
2	7	100	91	9	5,5315	100
2	8	100	87,4	12,8	6,6545	100,2
2	9	100	91,3	9,5	6,1415	100,8
2	10	100	86	14,1	6,3655	100,1

3	1	100	89,4	10,1	6,545	99,5
3	2	100	90,3	10,1	6,3475	100,4
3	3	100	88,5	11	6,4625	99,5
3	4	100	92	8,9	5,961	100,9
3	5	100	86,8	14,7	6,423	101,5
3	6	100	86,9	12,6	7,247	99,5
3	7	100	91	9	5,6015	100
3	8	100	89,6	11,3	6,4995	100,9
3	9	100	92,2	9,7	6,195	101,9
3	10	100	85,2	14	6,6185	99,2
4	1	100	89,8	9,2	6,582	99
4	2	100	87,7	11,2	6,501	98,9
4	3	100	88,2	12,9	6,429	101,1
4	4	100	87,8	15	6,306	102,8
4	5	100	88,3	11,5	6,554	99,8
4	6	100	92	7,8	7,201	99,8
4	7	100	91,1	9	5,436	100,1
4	8	100	92,5	7,5	6,265	100
4	9	100	94	7,5	6,413	101,5
4	10	100	87,8	11,7	6,762	99,5

Cuadro 6. Porcentaje de hojuelas enteras, porcentaje de sémola y diámetro de hojuelas

Variedad	%Hojuelas	%Sémola	Dia_Hojuela
Maniqueña	85	14,1	6,4565
Intinaira	85,8	13,4	6,3315
Surumi	87,5	11	6,3435
Chucapaca	87,7	12,6	6,0685
Patacamaya	89,1	12	6,497
Jacha Grano	87,4	11,6	7,133
Blanquita	90	9,3	5,5765
Kurmi	89	12,3	6,3415
Selec Pandela	89	11,2	6,2385
Sel Jacha Grano	85,2	13,1	6,4765
Maniqueña	87	14	6,5475
Intinaira	86,9	12,9	6,116
Surumi	88,5	12,8	6,4655

Chucapaca	85,6	14,1	6,159
Patacamaya	87	13	6,3285
Jacha Grano	90	10	7,267
Blanquita	91	9	5,5315
Kurmi	87,4	12,8	6,6545
Selec Pandela	91,3	9,5	6,1415
Sel Jacha Grano	86	14,1	6,3655
Maniqueña	89,4	10,1	6,545
Intinaira	90,3	10,1	6,3475
Surumi	88,5	11	6,4625
Chucapaca	92	8,9	5,961
Patacamaya	86,8	14,7	6,423
Jacha Grano	86,9	12,6	7,247
Blanquita	91	9	5,6015
Kurmi	89,6	11,3	6,4995
Selec Pandela	92,2	9,7	6,195
Sel Jacha Grano	85,2	14	6,6185
Maniqueña	89,8	9,2	6,582
Intinaira	87,7	11,2	6,501
Surumi	88,2	12,9	6,429
Chucapaca	87,8	15	6,306
Patacamaya	88,3	11,5	6,554
Jacha Grano	92	7,8	7,201
Blanquita	91,1	9	5,436
Kurmi	92,5	7,5	6,265
Selec Pandela	94	7,5	6,413
Sel Jacha Grano	87,8	11,7	6,762

Cuadro 7. Diámetro de hojuelas y el promedio

Diam_1	Diam_2	Diam_3	Diam_4	Diam_5	Diam_6	Diam_7	Diam_8	Diam_9	Diam_10
6,96	6,25	6,02	6,27	6,33	7,03	6,24	6,08	7,24	6,22
6,15	5,67	6,17	5,33	6,39	6,22	6,74	6,86	6,66	6,1
6,8	6,72	6,54	6,99	6,7	6,72	6,49	5,73	6,02	6,25
6,43	5,47	5,84	6,86	5,18	6,32	5,24	6,25	5,51	5,96
6,78	6,74	6,39	5,96	6,28	7,01	5,51	6,25	7,48	6,77
7,64	7,17	7,5	7,4	7	6,85	6,66	6,64	7,57	7,97
5,93	5,69	5,35	5,25	5,98	5,65	5,73	5,15	5,98	5,24
6,95	6,43	6,47	6,5	6,61	7,3	6,5	5,72	5,98	6,46
6,1	6,62	6,24	6,05	5,55	6,64	6,56	5,81	5,78	5,77
6,06	6,14	6,13	6,03	6,51	6,35	7,83	7,21	6,59	6,33
6,95	6,78	6,94	6,8	6,07	7,12	7,35	6,61	5,72	6,75
5,87	6,34	6,32	6,11	6,05	6,04	6,2	6,33	6,11	5,69
6,83	6,6	6,87	6,9	5,44	6,94	6,68	6,01	6,72	6,71
6,3	5,9	6,24	6,58	6,79	7,03	5,62	6,62	6,63	5,12
7,04	6,34	5,14	6,3	7,06	6,16	6,4	5,9	6,27	6,13
7,26	7,67	7,47	7,5	7,52	6,54	7,26	7,44	7,1	6,52
5,01	5,17	5,73	5,82	5,3	5,61	6,92	6,15	5,85	5,28
6,38	6,73	6,39	6,87	6,9	6,85	6,35	5,17	6,7	6,07
5,43	5,97	6,25	6,19	6,94	6,43	5,77	6,24	6,56	6,44
6,64	6,8	6,73	6,15	6,75	7,07	7,22	6,2	4,33	6,92
6,94	6,05	7,01	6,65	6,38	6,58	5,81	6,44	6,41	6,46
6	6,23	6,82	6,22	5,59	6,3	6,14	6,01	6,02	7,63
6,44	6	6,77	6,26	6,79	6,33	6,59	6,2	6,77	6,92
5,65	5,52	5,14	6,3	5,69	6,49	5,1	6,2	5,54	6,61
7,38	5,87	5,18	6,26	6,47	6,49	6,15	7,18	6,46	6,56
6,02	7,48	7,28	7,61	7,55	7,03	7,88	7,42	6,57	7,75
5,5	6,79	6,12	6,92	5,9	5,85	5,66	5,98	5,79	6,15
6,08	5,48	6,39	7,36	7,29	6,65	6,8	7,04	6,06	6,26
6,68	6	6,25	5,83	6,61	6,47	6,11	5,6	5,8	6,01
7,22	6,92	6,31	7,08	5,8	6,29	7,68	6,47	6,61	6,16

Diam_11	Diam_12	Diam_13	Diam_14	Diam_15	Diam_16	Diam_17	Diam_18	Diam_19	Diam_20	Diam
6,96	6,5	6,31	6,34	6,32	6,92	5,83	6,79	6,09	6,43	6,46
6,26	6,58	6,7	6,91	7,29	6,03	6,3	6,06	6,11	6,1	6,33
6,43	6,65	6,47	6,74	5,87	5,74	6,15	6,23	5,64	5,99	6,34
6,4	6,6	5,17	5,31	6,58	6,56	6,04	5,9	6,87	6,88	6,07
6,74	6,49	7,16	5,92	6,86	6,88	6,41	6,16	6,24	5,91	6,5
6,72	7,02	6,07	6,65	7,21	7,15	7,63	6,99	7,23	7,59	7,13
5,09	6,35	5,96	5,2	5,15	5,5	5,62	5,76	5,51	5,44	5,58
6,66	5,67	6,03	5,62	6,15	6,75	7,17	5,61	5,48	6,77	6,34
7,12	6,14	5,51	6,65	6,02	7,12	5,74	5,71	7,86	5,78	6,24
7,06	6,49	6,84	6,25	6,45	6,48	6,7	6,1	6,25	5,73	6,48

5,99	6,33	6,49	5,24	6,8	6,77	6,19	6,41	7,24	6,4	6,55
5,56	6,64	6,21	6,14	5,84	7,1	6,45	5,58	6,13	5,61	6,12
6,73	6,29	6,15	6,48	5,86	6,07	6,6	6,3	6,41	6,72	6,47
6,02	6,09	5,4	6,2	4,48	6,55	6,43	6,67	6,31	6,2	6,16
6,42	5,42	6,58	6,76	5,76	6,25	6,62	7,24	6,33	6,45	6,33
7,1	7,49	6,94	6,67	6,46	7,77	7,32	7,71	7,99	7,61	7,27
5,07	5,37	5,9	6,32	5,35	4,41	5,34	5,54	4,94	5,55	5,53
7,33	5,63	5,87	6,81	7,19	6,85	6,61	7,64	7,84	6,91	6,65
5,27	6,09	6,45	5,83	5,87	6,43	6,08	5,95	6,01	6,63	6,14
5,78	5,66	6,21	7,03	6,23	5,51	5,82	7,81	5,76	6,69	6,37
7,56	7,27	6,98	6,77	6,16	6,19	6,2	6,44	6,2	6,4	6,55
5,93	6,78	6,79	6,19	6,01	6,04	6,23	6,55	7,15	6,32	6,35
6	7,46	5,9	5,47	6,28	5,53	6,95	6,78	7,57	6,24	6,46
6,62	6,09	6,08	5,61	5,93	5,64	5,81	6,77	6,43	6	5,96
6,87	6,82	5,41	6,2	7,01	5,48	6,59	7	6,9	6,18	6,42
6,74	6,98	7,79	7,29	6,65	7,16	7,67	7,45	6,65	7,97	7,25
5,05	6,33	4,51	5,83	4,87	4,96	4,73	5,74	4,46	4,89	5,6
6,79	6,12	5,98	5,94	6,22	5,84	7,11	6,88	7,57	6,13	6,5
6,79	6,49	6,19	5,37	6,1	6,49	5,75	6,68	5,88	6,8	6,2
7,17	6,96	6,9	6,32	7,02	6,04	6,12	6,63	6,35	6,32	6,62

Cuadro 8. Relación de volumen de grano / volumen de hojuelas

!Bloques	!Variedad	P_grano	V_grano	Vol_hoj	Relación
1	1	100	136	634	4,7
1	2	100	139	673	4,8
1	3	100	143	600	4,2
1	4	100	141	673	4,8
1	5	100	140	681	4,9
1	6	100	136	655	4,8
1	7	100	136	636	4,7
1	8	100	140	725	5,2
1	9	100	140	591	4,2
1	10	100	134	619	4,6
2	1	100	131	505	3,9
2	2	100	138	654	4,7
2	3	100	136	674	5,0
2	4	100	138	666	4,8
2	5	100	140	662	4,7
2	6	100	133	690	5,2
2	7	100	138	642	4,7
2	8	100	140	766	5,5
2	9	100	140	593	4,2
2	10	100	133	614	4,6

3	1	100	133	510	3,8
3	2	100	138	601	4,4
3	3	100	140	682	4,9
3	4	100	141	654	4,6
3	5	100	140	657	4,7
3	6	100	136	680	5,0
3	7	100	137	670	4,9
3	8	100	140	708	5,1
3	9	100	140	521	3,7
3	10	100	138	636	4,6
4	1	100	138	512	3,7
4	2	100	139	698	5,0
4	3	100	142	692	4,9
4	4	100	141	668	4,7
4	5	100	142	634	4,5
4	6	100	136	652	4,8
4	7	100	140	660	4,7
4	8	100	140	740	5,3
4	9	100	140	501	3,6
4	10	100	134	604	4,5

### Cuadro 9. Croquis

Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Maniqueña	Patacamaya	Kurmi	Chucapaca
Kurmi	Surumi	Blanquita	Selección Pandela
Patacamaya	Chucapaca	Jacha grano	Surumi
Intinaira	Maniqueña	Surumi	Patacamaya
Selección Jacha Grano	Blanquita	Intinaira	Blanquita
Blanquita	Kurmi	Patacamaya	Selección Jacha Grano
Surumi	Selección Jacha Grano	Maniqueña	Jacha grano
Selección. Pandela	Jacha grano	Selección Jacha Grano	Intinaira
Chucapaca	Intinaira	Selección. Pandela	Kurmi
Jacha grano	Selección. Pandela	Chucapaca	Maniqueña

## Fotografías

Fotografía 2. Parcelas de quinua en la fase de madurez fisiológica para realizar la cosecha.



Fotografía 3. Análisis de pureza varietal.



Fotografía 4. Formación de espuma en variedades de quinua amarga.



Fotografía 5. Proceso para realizar el trillado de las muestras.



Fotografía 6. Grano trillado sin venteado.



Fotografía 7. Grano trillado venteado.



Fotografía 8 .Proceso de pesado de las muestras para realizar el beneficiado.



Fotografía 9. Proceso de escarificado de las muestras para eliminar la saponina por vía seca con la microbeneficiadora.



Fotografía 10. Saliendo los granos del cilindro escarificador.



Fotografía 11. Proceso de venteado y tamizado de los granos rotos y embriones desprendidos para ver la pérdida de peso.



Fotografía 12. Proceso de lavado para eliminar el resto de la saponina y el volumen de agua utilizado para eliminar el restante de la saponina que se quedó en el grano después del escarificado.



Fotografía 13. Secado de los granos al sol para obtener el grano perlado.



Fotografía 14. Hojuelas de quinua.



### **5.6.3. IBNORCA NB – NA 0039. Granos andinos – Pseudo Cereales Hojuelas de quinua Requisitos**

#### **Hojuelas de quinua**

#### **Definiciones**

##### **Hojuelas de quinua cruda**

Producto obtenido de granos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) procesada (beneficiada), que han sido laminados para formar hojuelas, pudiendo contener o no aditivos permitidos por el Codex alimentarius.

##### **Hojuelas de quinua precocidas**

Producto obtenido de granos de quinua procesada (beneficiada), que han sido laminados para formar hojuelas, en cuyo proceso se incluye el precocido, pudiendo contener o no aditivos permitidos por el Codex alimentarius.

##### **Condiciones generales.**

Las hojuelas deberán provenir de granos de quinua procesada (beneficiada), limpios, sanos, libres de infestaciones por insectos y de cualquier materia extraña objetable.

Las hojuelas de quinua deberán ser preparadas, procesadas y envasadas bajo condiciones higiénicas sanitarias acordes a las Buenas prácticas de Manufactura y a la legislación nacional vigente de cada país.

##### **Requisitos- Requisitos físicos- Impurezas.**

El contenido de impurezas no será mayor a 0.35% en masa de las hojuelas de quinua considerándose como impurezas la presencia de todo material distinto de las hojuelas de quinua y lo definido en la N de definiciones de quinua (NA 0032)

##### **Tamaño de partícula**

El tamaño de partícula de las hojuelas de quinua será igual o superior a 1 mm de diámetro.

El porcentaje máximo de finos permitidos partículas de hojuelas con un diámetro menor a 1.00 mm equivalentes al tamiz ASTM 18 Tylor N<sup>o</sup> 16= 1.00 mm no será superior al 30% del producto

##### **Requisitos fisicoquímicos**

##### **Hojuelas de quinua cruda.**

Las hojuelas de quinua cruda deberán cumplir con los requisitos especificados en la tabla 1

**Tabla 1 – Requisitos fisicoquímicos  
Hojuelas de quinua cruda**

Requisitos	Unidades	Valores	
		Mínimo	Máximo
Humedad	%		13.5
Proteína	%	10	
Fibra cruda	%	2	
Cenizas totales	%		3.5
Grasa	%	4	

Los valores presentados en la tabla 1 son los establecidos para hojuelas de quinua cruda, sin la adición de vitaminas, minerales ni aditivos alimentarios.

**Hojuelas de quinua precocida.**

Requisitos	Unidad	Valores	
		Mínimo	Máximo
Humedad	%		13.5
Proteína	%	10	
Fibra cruda	%	2	
Cenizas totales	%		3.5
Grasa	%	3.5	

**Requisitos organolépticos**

Las hojuelas de quinua tendrán un color, sabor y olor característico del producto estarán libres de sabores y olores indeseables con fungosos (Mohos) ácido, amargo, rancio contenido de material pesados.

Las hojuelas de quinua deberán estar exentas de materiales pesados en cantidades que pueden presentar un peligro para la salud humana, ver la norma Codex

**Contenido de saponina.**

Las hojuelas de quinua deben contener un porcentaje máximo de saponina no superior al 0.12%

## **Envase**

El producto debe estar contenido en envases de material adecuado que lo proteja y asegure su conservación y cuyo uso este autorizado. Las deben estar envasadas en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.