

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DEL
GRANO EN LÍNEAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) DE
CICLO TARDÍO, EN LA LOCALIDAD DE K'IPHAK'IPHANI, VIACHA**

CINTHIA LIZZETE QUISPE MAMANI

La Paz-Bolivia

2016

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

**EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DEL GRANO EN LÍNEAS DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) DE CICLO TARDÍO, EN LA LOCALIDAD DE
K'IPHAK'IPHANI, VIACHA**

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

CINTHIA LIZZETE QUISPE MAMANI

Asesores:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Ing. M. Sc. Amalia Vargas Mena

Tribunal examinador:

Ph. D. Carmen Rosa del Castillo Gutiérrez

Ph. D. Yakov Arteaga García

Ing. MSc. Paulino Ruiz Huanca

Aprobado

Presidente Tribunal Examinador:

LA PAZ, BOLIVIA

2016



DEDICATORIA:

A mis padres Dominga Mamani Conde y Mario Quispe Chambi que con mucho amor y sacrificio me apoyaron en mi formación personal y profesional.

A mis hermanos Nelly, Roció, Carla, Mayra, Mario, Brayan, Eulalia, Betzabe, Vilma por su orientación, apoyo y cariño constante.

A mi amado esposo Ramiro Canqui Mamani y mí querido hijo Thiago. Por el apoyo, la paciencia, por todos los momentos que pasamos juntos en alegrías y tristezas.

.

AGRADECIMIENTOS

A mí querida madre Dominga por su inmenso cariño, comprensión y paciencia, por siempre estar apoyándome durante mi formación personal y profesional.

A la Fundación PROIMPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos Regional Altiplano) por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de Investigación, por el apoyo técnico y logístico para la realización de la tesina.

Mi más sincero agradecimiento a mi asesor del trabajo de investigación: Ing. Ph.D. Alejandro Bonifacio Flores por la orientación, asesoramiento y apoyo incondicional para la realización del presente trabajo.

De todo corazón a mi asesora Amalia Vargas Mena, por la paciencia y el conocimiento compartido para con mi persona y el apoyo incondicional.

Al comité revisor: Ph. D. Carmen Rosa del Castillo Gutiérrez; Ph. D. Yakov Arteaga García; Ing. M.Sc. Paulino Ruiz Huanca. Por sus oportunas correcciones y observaciones que permitieron enriquecer el documento.

Agradecer a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, en especial a los docentes que además de instruirnos en su cátedra, nos impulsaron para que continuemos ejerciendo y así poder contribuir a formar un país productivo con soberanía alimentaria.

Agradecer a mis queridos amigos y amigas: Beatriz, Liliana, Paola Alejandra, Patricia, Emma, Rosmery, Verónica, Yobana, Adriana, Ramiro, Juan Carlos, Jorge, Ronald David, quienes me impulsaron a seguir con mi trabajo de investigación y sobre todo agradecer por su amistad y apoyo incondicional.

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	IX
RESUMEN.....	XI
SUMARY	XII

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. Objetivos	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.2. Origen de la quinua.....	4
3.2.1. Distribución geográfica de la quinua	5
3.3. Clasificación taxonómica de la quinua	5
3.3.1. Descripción botánica de la planta	5
3.3.2. Fases fenológicas del cultivo	7
3.4. Consideraciones sobre el mejoramiento genético del cultivo de la quinua	9
3.4.1. Herencia y genética	9
3.4.2. Mejoramiento Genético.....	10
3.4.3. Métodos de mejoramiento en la quinua	11
3.4.4. Obtención de líneas	12

3.4.5. Origen de las variedades	12
3.4.6. La variedad Kurmi.....	12
3.5. La cosecha de quinua	13
3.5.1. Post cosecha de la quinua	14
3.6. Rendimiento.....	15
3.6.1. Índice de cosecha.....	16
3.6.2. Calidad de semilla	16
3.6.3. Pureza de la semilla	16
3.6.4. Germinación	17
3.6.5. Humedad de la semilla	17
3.6.6. Calidad física	18
3.6.7. Calidad fisiológica y sanitaria.....	18
3.7. Peso hectolítrico volumétrico	18
3.8. Calidad del grano.....	19
3.8.1. Calidad comercial del grano	19
3.9. Procesamiento de la quinua (Agroindustria).....	20
3.9.1. Quinua perlada	20
3.9.2. Hojuelas de quinua	21
4. LOCALIZACIÓN.....	22
4.1. Características generales de la zona de estudio	23
4.1.1. Clima	23
4.1.2. Fisiografía y suelos.....	23
4.1.3. Vegetación.....	23
5. MATERIALES Y MÉTODOS	24
5.1. Materiales	24

5.1.1. Material genético	24
5.1.2. Material de campo	24
5.1.3. Material de laboratorio y gabinete	25
5.1.4. Equipo semi industrial.....	25
5.2. TRABAJO DE CAMPO	25
5.2.1. Cosecha	25
5.2.2. Formación de parvas	25
5.2.3. La trilla.....	26
5.2.4. Venteo	26
5.3. Diseño experimental	26
5.3.1. Modelo lineal aditivo	26
5.3.2. Características de la parcela experimental	27
5.4. Variables de evaluación	28
5.4.1. Altura de planta.....	28
5.4.2. Longitud de panoja	28
5.4.3. Diámetro de panoja	29
5.4.4. Índice de cosecha.....	29
5.4.5. Rendimiento	29
5.4.6. Categorización de grano por tamaño	29
5.4.7. Prueba de germinación.....	30
5.4.8. Determinación del peso hectolítrico	30
5.5. Evaluación de calidad de grano para el laminado	31
5.5.1. Proceso de laminado	31
5.5.2. Acondicionamiento del grano para laminado	31
5.5.3. Laminado.....	31

5.5.4. Secado y tamizado de hojuelas	32
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
6.1. Variables evaluadas a la cosecha	33
6.1.1. Altura de planta.....	33
6.1.1.2. Comparación de medias de altura de planta.....	33
6.1.2. Diámetro de panoja	34
6.1.2.1. Comparación de medias de diámetro de panoja.....	35
6.1.3. Longitud de panoja	36
6.1.3.1. Comparación de medias de longitud de panoja	36
6.1.4. Índice de cosecha.....	37
6.1.4.1. Comparación de medias para el índice de cosecha.....	38
6.1.5. Rendimiento	39
6.1.5.1. Comparación de medias y prueba Duncan para el rendimiento del grano.....	39
6.2. Peso del grano por tamaño en las líneas de quinua.....	40
6.2.1. Categoría de grano según calibre	40
6.2.2. Tamaño de grano extra grande.....	40
6.2.3. Tamaño de grano grande	41
6.2.4. Tamaños de grano mediano	42
6.3. Peso hectolítrico y su relación al tamaño de grano	45
6.3.1. Peso hectolítrico para grano extra grande	45
6.3.1.1. Comparación de medias de peso hectolítrico para grano extra grande	46
6.3.2. Peso hectolítrico para grano grande	47
6.3.2.1. Comparación de medias para peso hectolítrico de grano grande	47

6.3.3. Peso hectolítrico para grano mediano.....	48
6.3.3.1. Comparación de medias para peso hectolítrico de grano mediano.....	49
6.4. Calidad de grano en relación a viabilidad de semilla	49
6.4.1. Porcentaje de germinación de grano extra grande a 24 horas	49
6.4.2. Porcentaje de germinación grano grande	50
6.4.3. Porcentaje de germinación grano mediano.....	50
6.5. Laminado de quinua	53
6.5.1. Porcentaje de hojuelas	53
6.5.2. Porcentaje de sémola presente en hojuelas	54
6.5.3. Diámetro de hojuela.....	56
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
7.1. Conclusiones	57
7.2. Recomendaciones	58
8. Bibliografía	59
Anexos.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Determinación de la clase de los granos de quinua en función a su diámetro promedio	20
Cuadro 2. Descripción de las características agronómicas del material vegetal de quince genotipos	24
Cuadro 3. Análisis de varianza para altura de planta de quince genotipos.....	33
Cuadro 4. Análisis de Varianza (ANVA) para diámetro de panoja (D Pn).....	35
Cuadro 5. Análisis de Varianza (ANVA) para longitud de panoja en genotipos de quinua	36
Cuadro 6. Análisis de Varianza (ANVA) para índice de cosecha (IC) en 15 genotipos	38
Cuadro 7. Análisis de Varianza (ANVA) rendimiento de grano	39
Cuadro 8. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de tamaño de grano extra grande (≥ 2 mm)	41
Cuadro 9. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de tamaño de grano grande ($\geq 1,5$ mm).....	41
Cuadro 10. Análisis de Varianza (ANVA) para tamaño de grano mediano (≥ 1 mm) ..	42
Cuadro 11. Comparación múltiple de Duncan para porcentaje de tamaño de grano extra grande (PGEG) y grano grande (PGG)	42
Cuadro 12. Comparación múltiple de Duncan para porcentaje de tamaño de grano grande (PGG) y grano mediano (PGM).....	44
Cuadro 13. Análisis de Varianza para peso hectolítrico de grano extra grande.....	46
Cuadro 14. Análisis de varianza para peso hectolítrico de grano grande	47
Cuadro 15. Análisis de Varianza para peso hectolítrico de grano mediano	48
Cuadro 16. Análisis de varianza para porcentaje de germinación para grano extra grande (≥ 2 mm)	50
Cuadro 17. Análisis de varianza para porcentaje de germinación para grano grande ($\geq 1,5$ mm).....	50
Cuadro 18. Análisis de varianza para porcentaje de germinación para grano mediano (≥ 1 mm)	51

Cuadro 19. Comparación múltiple Duncan para el porcentaje de germinación a las 24 horas por tamaño de grano	53
Cuadro 20. Análisis de varianza para porcentaje de hojuelas	53
Cuadro 21. Análisis de varianza para porcentaje de sémola presente en hojuelas ...	55
Cuadro 22. Análisis de varianza para diámetro de hojuelas en líneas de quinua blanca	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica de “K’iphak’iphani”	22
Figura 2. Croquis de la parcela experimental en predios de “PROIMPA”	28
Figura 3. Altura de planta (cm) de quince genotipos de quinua	34
Figura 4. Gráfica diámetro de panoja (cm) de quince genotipos de quinua	35
Figura 5. Longitud de panoja (cm) en quince genotipos de quinua.	37
Figura 6. Índice de cosecha de quince genotipos de quinua	38
Figura 7. Rendimiento de grano (kg/ha)	40
Figura 8. Porcentaje de tamaño de grano extra grande y grano grande.....	43
Figura 9. Porcentaje de tamaño de grano grande y grano mediano	45
Figura 10. Peso hectolítrico de tamaño de grano extra grande	46
Figura 11. Peso hectolítrico de tamaño de grano grande	48
Figura 12. Peso hectolítrico de tamaño de grano mediano	49
Figura 13. Porcentaje de germinación de grano extra grande, grande y mediano a las 24 horas.....	52
Figura 14. Comparación de medias para porcentaje de hojuela.....	54
Figura 15. Comparación de medias para porcentaje de sémola.....	55
Figura 16. Comparación de medias para diámetro de hojuela	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Promedios de variables cuantitativas en la cosecha	67
Anexo 2. Promedios de variables relacionadas con la calidad de grano	68
Anexo 3. Promedios de datos para laminado de quinua.	69
Anexo 4. Comparación múltiple Duncan para la altura de planta	70
Anexo 5. Comparación múltiple Duncan para el diámetro de panoja	71
Anexo 6. Comparación múltiple Duncan para la longitud de panoja	72
Anexo 7. Comparación múltiple Duncan para índice de cosecha	73
Anexo 8. Comparación múltiple Duncan para el rendimiento total de grano (kg ha ⁻¹).	74
Anexo 9. Comparación múltiple Duncan para tamaño de grano extra grande	75
Anexo 10. Comparación múltiple Duncan para tamaño de grano grande de quince genotipos de quinua	76
Anexo 11. Comparación múltiple Duncan para tamaño de grano mediano (≥ 1 mm) ..	77
Anexo 12. Comparación múltiple Duncan para peso hectolítrico de grano extra grande	78
Anexo 13. Comparación múltiple Duncan para peso hectolítrico de grano grande ...	79
Anexo 14. Comparación múltiple Duncan para peso hectolítrico de grano mediano .	80
Anexo 15. Comparación múltiple de Duncan para porcentaje de hojuelas.	81
Anexo 16. Comparación múltiple Duncan para porcentaje de sémola	82
Anexo 17. Comparación múltiple de Duncan para diámetro de hojuela en quinua ...	83
Anexo 18. Trilla de plantas de quinua de la parcela útil	84
Anexo 19. Marbeteado de cada muestra	84
Anexo 20. Zarandeo de cada muestra	84
Anexo 21. Colocado de muestras en bañadores	85
Anexo 22. Venteado de las muestras	85
Anexo 23. Trilla manual y zarandeo de las muestras	85
Anexo 24. Muestras embolsadas, limpias y marbeteadas	86
Anexo 25. Registro de peso de plantas individuales	86
Anexo 26. Trilla de plantas individuales	86
Anexo 27. Registro de peso del grano, embolsado y marbeteado	87

Anexo 28. Trilla de borduras	87
Anexo 29. Trilla semimecanizada de las borduras	87
Anexo 30. Calibración del grano de quinua	88
Anexo 31. Embolsado de las muestras	88
Anexo 32. Determinación del peso hectolítrico.....	88
Anexo 33. Preparación de muestras para determinar el porcentaje de germinación .	89
Anexo 34. Germinación a las 12 horas	89
Anexo 35. Germinación a las 24 horas	89
Anexo 36. Germinación a las 36 horas	90
Anexo 37. Laminadora semi industrial, tamiz, hojuelas	90

RESUMEN

En el centro experimental de la fundación PROIMPA, en la localidad de Kiphakiphani, Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz, se llevó a cabo el ensayo para evaluar las características comerciales del grano de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en líneas seleccionadas de ciclo tardío.

Se evaluaron 15 genotipos en la cosecha y post cosecha bajo un diseño de bloques completos al azar. Las variables agronómicas estudiadas fueron: altura de planta, diámetro de panoja, longitud de panoja, índice de cosecha, rendimiento, categorización de grano por tamaño, prueba de germinación, determinación de peso hectolitrico, evaluación de la calidad de grano para el proceso del laminado.

Los resultados para las variables agronómicas muestran diferencias significativas en altura de planta sobresaliendo la línea 10 (L-AM) con una altura de 149,6 cm, en diámetro de panoja línea 7 (L-17e/1/ (03)) con 6,49 cm, en longitud de panoja línea 13 (H-177) con 28,17 cm, en índice de cosecha línea 8 (L-107) con 0,437; y en rendimiento L-13 (H-177) 3241 kg/ha. Respecto a calidad de grano (tamaño) muestra superioridad la línea 5 (L-17c/2/ (03)) con 70,6% de grano extra grande, seguido de la línea 12 (Kurmi) con 49,17% de grano grande, por último la línea 11 (A-3) con 76,87% de grano mediano. Los resultados obtenidos para peso hectolítrico en grano extra grande, muestra superioridad la línea 6 (L-17d/1/ (03)) con 75,07 kg/Hl, para grano grande y mediano muestra superioridad la línea 5 (L-17c/2/ (03)) con 76,25 kg/Hl y 76,85 kg/Hl. Con respecto a la germinación la línea 2 (99,33%) en la categoría de grano extra grande, la línea 1 con 100% de germinación en la categoría de grano grande, y la línea doce con un 98% de germinación para grano mediano. En calidad de grano para el laminado (proporción de hojuelas enteras respecto a la parte menuda o sémola) fue evidenciada para la línea 2 (L-15a/2/ (03)), línea 3 (L-17a/1/ (03)) y línea 12 (kurmi) que superaron el 94% de hojuelas enteras. En conclusión, las líneas de quinua difieren en sus variables cuantitativas relacionadas con la calidad de grano, así como en características de calidad de grano procesado en hojuelas lo que contribuye a establecer criterios técnicos a considerar en el proceso de selección orientado al mejoramiento de la quinua para calidad de grano.

SUMMARY

In the experimental center of the foundation PROIMPA, at Kiphakiphani's locality, Viacha, province Ingavi of the apartment of La Paz, you took to end the essay to evaluate the commercial characteristics of the grain of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) In lines selected of overdue cycle.

Evaluated him 15 genotypes in the harvest and after low harvest a design of complete blocks at random. The agronomic studied variables matched: Height from the beginning, diameter of panicle, length of panicle, index of harvest, performance, categorization of grain for size, proof of germination, determination of weight hectolitrico, and evaluation of the quality of grain for the process of the ply.

The results for the agronomic variables evidence significant differences in height from the beginning standing out the line 10 (L-AM) with 149.6 cm's height, in diameter of panicle line 7 (L-17e/1/ (03)) with 6.49 cm, in length of panicle line 13 (H-177) with 28.17 cm, in index of harvest line 8 (L-107) with 0.437; And in performance L 13 (H-177) with 3241 kg/ha. (size) the line evidences superiority in relation to quality of grain line 5 (L-17c/2/ (03)) with 70.6 % of extra big grain, followed of the line 12 (Kurmi) with 49.17 % of big grain, finally the line 11 (A-3) with 76.87 % of medium grain .The results obtained for weight hectolítrico in extra big grain, sign superiority the line 6 (L-17d/1/ (03)) the line evidences superiority with 75.07 kg/Hl, for big and medium grain line 5 (L-17c/2/ (03)) with 76.25 kg/Hl and 76.85 kg/Hl). Regarding the germination the line 2 (99.33 %) in the category of extra big grain, the line 1 with 100 % of germination in the category of big grain, and the line twelve with 98 % of germination for medium grain. (proportion of entire flakes in relation to the small part or semolina) it was evidenced for the line as grain for the ply 2 (L-15a/2/ (03)), line 3 (L-17a/1/ (03)) and line 12 (Kurmi) that surpassed the 94 % of entire flakes.In conclusion, the lines of quinoa differ in his quantitative variables related with the quality of grain, that way like you contribute to establishing technical criteria to consider in the process of selection once the improvement was guided of the quinoa for quality of grain in characteristics of quality of grain once that was processed in flakes.

1. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), grano de oro, presente en la agricultura de la región Andina desde hace más de 7000 años, abarcando desde Colombia hasta el sur de Chile. Se estima que más del 80% de la producción mundial se concentra en tres países Bolivia, Perú y Ecuador. Actualmente la producción de la misma trasciende fronteras continentales. El cultivo de la quinua es importante pues es un alimento considerado nutritivo gracias a sus aportes de proteína, fibra, grasas no saturadas y minerales.

La quinua se encuentra entre los productos alimenticios de interés en mercados de ciudades de Bolivia y del exterior, esta situación ha hecho que pase de un cultivo de auto subsistencia, no muy consumido fuera de sus centros de producción tradicional, a un producto de exportación, que además ha despertado el interés de los mercados locales. Aunque es evidente que en el último año, los precios de exportación han descendido.

Cuando se exporta quinua en grano, el tamaño o calibre es criterio preponderante de calidad, prefiriéndose grano grande en la mayoría de los casos. Las variedades de quinua se diferencian por el tamaño de grano que produce, siendo variedades de grano grande, mediano y pequeño. Adicionalmente dentro una misma variedad existe diferentes tamaños de grano, cuya proporción varía según la homogeneidad del grano. Según Aroni *et al.* (2003), la quinua real del altiplano Sur es de grano grande y presenta la calidad de exportación. Bonifacio y Vargas (2005), liberaron una variedad mejorada que tiene las mismas características de la quinua real (grano grande) pero que se produce en el Altiplano Norte y Central de Bolivia.

La evaluación de líneas seleccionadas es un proceso previo a la liberación de variedades mejoradas. En este proceso, los caracteres agronómicos son los frecuentemente evaluados y las variables relacionadas con la calidad comercial son escasamente evaluadas. Los caracteres de uso (doméstico e industrial) son rara vez considerados en la evaluación. En el Centro de investigación K'iphak'ipani se han

generado líneas de quinua sobresalientes que han sido evaluados en sus caracteres agronómicos, las mismas que requieren de una evaluación de los caracteres implicados en la post cosecha.

Por tal motivo en el presente trabajo se evaluó las características comerciales del grano de quinua de quince líneas mejoradas en etapas de cosecha y pos cosecha.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar las características comerciales del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en líneas seleccionadas de ciclo tardío en la localidad de K'iphak'ipani, Viacha.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar las variables cuantitativas en la cosecha de líneas de quinua (altura de planta, tamaño de panoja y rendimiento)
- Determinar el índice de cosecha de las líneas
- Evaluar el peso hectolitrico y su relación con el tamaño de grano
- Categorizar las características de grano según calibre
- Determinar la viabilidad de la semilla según el tamaño del grano
- Evaluar la calidad del grano de líneas por aptitud para el laminado

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La quinua es un cultivo milenario de mayor importancia de las zonas altas de Bolivia. La quinua produce granos con alto contenido proteico y aminoácidos esenciales. Por otro lado su rusticidad como cultivo hace que sea altamente tolerante a factores adversos y agroecológicamente adaptado en las zonas altas y áridas de los Andes (Bonifacio, 2012).

El 2013 ha sido declarado el año Internacional de la Quinua por la FAO-NU por iniciativa del gobierno Boliviano y apoyo de varios países, lo cual refleja la importancia que ha adquirido la quinua a nivel mundial. La exportación de los principales países productores es alta y en la última década fue creciendo la demanda y los precios al productor se mantiene alentador. El año internacional fue de gran oportunidad para conocer la diversidad y el potencial que tiene la quinua (FAO, 2012).

El cultivo de la quinua está en expansión, siendo sus principales productores Bolivia, Perú, Estados Unidos, Ecuador y Canadá aunque se cultiva también en Inglaterra, Suecia, Dinamarca, los Países Bajos, Italia y Francia. Recientemente Francia ha reportado superficies de 200 ha con rendimientos de 1.080 kg/ha y en Kenya se obtuvieron altos rendimientos (4 t/ha) en la región del Himalaya y en las planicies del Norte de la India el cultivo puede desarrollarse exitosamente y con altos niveles de rendimiento. En zonas tropicales como las sabanas de Brasil se ha experimentado con el cultivo de la quinua desde 1987 y se reporta la obtención de rendimientos más altos que los de la zona Andina por lo que resulta altamente atractiva en distintas regiones del mundo, por la extraordinaria capacidad adaptativa que tiene a condiciones ecológicamente extremas (FAO, 2011).

3.2. Origen de la quinua

La quinua es originaria de la región Andina que se distribuye ampliamente desde Colombia hasta el norte de Argentina y Chile, los centros de diversificación existen a

lo largo de la cordillera de los Andes como el centro de origen, ya que la variabilidad y la difusión de las quinuas se encuentran en esa región (Gandarillas, 1979).

Mújica *et al.* (2004), señalan que la quinua muestra la mayor distribución de formas diversidad de genotipos y de progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí, Bolivia y Sicuani (Cuzco, Perú).

3.2.1. Distribución geográfica de la quinua

La quinua se distribuye geográficamente en el Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador, Chile y Argentina; se ha encontrado una diferenciación entre ecotipos del altiplano y de los valles, también se encontró quinua en Concepción, Chile a 37 °S, al nivel del mar donde puede ser considerada un como grupo espacial adaptado a fotoperiodos más largos (Tapia *et al.* 1979).

En el caso particular de Bolivia, al estudiar la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quinua, Rojas (2003) ha determinado seis subcentros de diversidad, cuatro de ellos ubicados en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí y que albergan la mayor diversidad genética y dos en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí.

3.3. Clasificación taxonómica de la quinua

3.3.1. Descripción botánica de la planta

La planta anual, erguida, de tamaño muy variable; puede medir desde 1 a 3.5 metros de altura, según ecotipos, las razas y el medio ecológico donde se cultiven (Mujica *et al.*, 2001).

La raíz es pivotante y vigorosa, tiene una profundidad del suelo y la altura de la planta, sosteniendo incluso plantas de hasta más de dos metros de altura (Gallardo *et al.*, 1997).

El tallo principal puede ser ramificado o no, depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven, es de sección circular en la zona cercana a la raíz, transformándose en angular a la altura de las ramas y hojas. Es más frecuente el hábito ramificado en las razas cultivadas en los valles interandinos del sur del Perú y Bolivia, en cambio el hábito simple se observa en pocas razas cultivadas en el altiplano y en una buena parte de las razas del centro y norte del Perú y Ecuador (Gandarillas, 1968; Tapia, 1990; Mujica, 1992).

Las hojas son de carácter polimórfico en una sola planta; las basales son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente alrededor de la panoja son lanceoladas. Su color va desde el verde hasta el rojo, pasando por el amarillo y el violeta, según la naturaleza de los pigmentos, además contiene gránulos de oxalato de calcio en su superficie dándoles apariencia de estar cubiertas de arenilla son capaces de retener una película de agua, aumentando la humedad relativa de la atmósfera que rodea a la hoja y, consecuentemente, disminuye la transpiración (Tapia, 1990; Dizes y Bonifacio, 1992; Rojas, 2003).

La inflorescencia es racimosa y se denomina panoja por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan los ejes secundarios y en algunos casos terciarios. Según Cárdenas (1944) agrupó por primera vez a la quinua por su forma de panoja amarantiforme, glomerulada e intermedia, y designó el nombre amarantiforme por el parecido que tiene con la inflorescencia de género *Amaranthus*. Según Gandarillas (1968) la forma de panoja está determinada genéticamente por un par de genes, siendo totalmente dominante la forma glomerulada sobre la amarantiforme, razón por la cual parece dudoso clasificar panojas intermedias.

La panoja terminal puede ser definida (totalmente diferenciada del resto de la planta) o ramificada, cuando no existe una diferenciación clara a causa de que el eje principal tiene ramas relativamente largas que le dan a la panoja una forma cónica peculiar; asimismo, la panoja puede ser suelta o compacta, lo que está determinado

por la longitud de los ejes secundarios y pedicelos, siendo compactos cuando ambos son cortos (Gandarillas, 1968).

La flor hermafrodita está constituida por un perigonio de cinco partes, el gineceo, con un ovario elipsoidal con dos o tres ramificaciones estigmáticas rodeadas por el androceo de cinco estambres curvos y cortos y un filamento también corto (Gallardo *et al.*, 1997).

El fruto es un aquenio indehiscente que contiene un grano que puede alcanzar hasta 2,66 mm de diámetro de acuerdo a la variedad (Rojas, 2003). Según Tapia (1990), el perigonio cubre a la semilla y se desprende con facilidad al frotarlo. El episperma que envuelve al grano está compuesto por cuatro capas: la externa determina el color de la semilla, es de superficie rugosa, quebradiza, se desprende fácilmente con agua, y contiene a la saponina.

La semilla está cubierta por el episperma, en forma de una membrana delgada, el embrión formado por los cotiledones y la radícula constituye la mayor parte de la semilla. Existen tres formas de granos definidos cónicos, cilíndricos y elipsoidales y por el tamaño, se los puede clasificar en grandes: de 2,2 a 2,6 mm; medianos: de 1,8 a 2,1 mm; y pequeños: menores a 1,8 mm (Gallardo, 1997 Gandarillas, 1982).

3.3.2. Fases fenológicas del cultivo

Según Espíndola (1995), la fenología estudia los fenómenos periódicos de las plantas, en sus relaciones con los factores ambientales, tales como la luz, temperatura, humedad, duración del día y otros; trabajando con quinuas eminentemente altiplánicas, señala que en la planta se pueden distinguir notoriamente 9 fases morfo-anatómicas distinguibles por las siguientes características.

0. Fase de emergencia: Caracterizada por la emergencia del embrión a la superficie del suelo pudiendo variar la misma de acuerdo al tiempo de almacenamiento,

variedad y la humedad del suelo, el tiempo requerido después de la germinación hasta la emergencia de los cotiledones varía de 3 a 5 días.

1. Fase cotiledonar: Se presenta posterior al cuarto día en la que el hipocotilo curvo se endereza verticalmente, dando lugar a la expansión horizontal de los cotiledones; la plúmula visible forma un pequeño cono con el vértice hacia arriba mientras la raíz seminal se elonga rápidamente hacia abajo, formándose a lo largo de ella finísimos pelos radicales de color blanco.

2. Fase de dos hojas basales: Es la fase comprendida entre los días 11 y 13 después de la siembra. Esta fase finaliza con la completa expansión de las dos primeras hojas basales y la iniciación de las primeras hojas alternas.

3. Fase de 5 hojas alternas (diferenciación panicular): En esta fase el tejido meristemático apical pasa de la etapa vegetativa a la reproductiva, es decir, del proceso de formación de primordios foliares al proceso de formación de primordios foliares y florales. Esta fase se caracteriza por la completa expansión de cinco primeras hojas alternas.

4. Fase de 13 hojas alternas (pre-despunte panicular): Esta fase se caracteriza por la fácil visualización de 13 hojas alternas completamente expandidas se visualiza a un pequeño abultamiento de suave consistencia, que vendrá a ser la futura flórula compuesta de una infinidad de perfiles y órganos reproductivos en formación y emergencia.

5. Fase de despunte de panoja: Esta fase se lleva a cabo desde el despunte de la flórula hasta la prefloración, donde no hay aun apertura de ninguna flor. El despunte de la flórula (inflorescencia), tiene el aspecto visible de una bellota con la cúspide hacia arriba, mientras que en la raíz se produce una mayor expansión de raicillas y pelos absorbentes.

6. Fase de la floración: Es la fase de mayor crecimiento en longitud y la planta se encuentra en plena floración, cuando el 50% de la población de flores de la panoja

principal ya están florecidas. Es una etapa enteramente susceptible a las heladas y a las sequías.

7. Fase del grano lechoso: En el óvulo de una flor se desarrolla, con una leve presión de los dedos, extraer un líquido incipiente lechoso, que paulatinamente se vuelve lechoso. A estas alturas el crecimiento en longitud se debe al alargamiento del tercio superior, es decir, al continuo alargamiento de los entrenudos de la panoja, lo que implica que en los 2/3 inferiores el crecimiento ha cesado. Es una etapa que sigue siendo susceptible a las heladas y a las sequías.

8. Fase de grano masoso: Es la fase en que el tejido perispérmico sufre un cambio del estado lechoso a un estado pastoso semisólido; es un cambio que ocurre a medida que el contenido de almidón aumenta, mientras el contenido de agua se va reduciendo. Es una etapa en la que la tolerancia a heladas y sequías es muy notable.

9. Fase de madurez fisiológica: se caracteriza por la diferenciación a simple vista del perisperma y del embrión. En esta etapa la semilla es dificultosamente partida bajo la presión de las uñas de los dedos ya que las estructuras almidonosas del perispema se ha solidificado, disminuyendo el contenido de agua en un rango de 15 a 20 %. Morfológicamente las plantas en su generalidad muestran hojas verde-amarillentas que van desfoliándose en forma gradual.

3.4. Consideraciones sobre el mejoramiento genético del cultivo de la quinua

3.4.1. Herencia y genética

Según Chávez (1995), la herencia biológica se refiere a la transmisión de los caracteres biológicos (morfológicos o fisiológicos) de los padres a sus descendientes, ya que los únicos objetos que los padres heredan a los hijos son los genes contenidos en las células sexuales (óvulos y espermatozoides, en animales; óvulos y polen en las plantas) de cuya fusión se origina un nuevo individuo (vegetal, animal o humano).

La quinua es la especie mejor adaptada a las condiciones semiáridas y frías del altiplano boliviano-peruano, donde la producción de alimentos tiene especial importancia para soportar una población creciente, tanto rural como urbana. El conocimiento de la herencia de algunos caracteres tan simples como el color de la planta, que son independientes del rendimiento, es de enorme importancia para la producción comercial de la quinua, a fin de prevenir mezclas en el campo que pueden afectar la calidad del grano. La herencia de los caracteres anotados se ha empezado a estudiar, sin embargo queda mucho por investigar, si se trata de comparar con los conocimientos que se tienen sobre la genética de otras especies comerciales como el trigo, la papa, el algodón, el sorgo (Tapia *et al.*, 1979).

3.4.2. Mejoramiento Genético

Chávez (1993), menciona que el mejoramiento de las especies es una ciencia y a la vez un arte que permite cambiar y manejar la herencia. Gandarillas (1982), señala que el mejoramiento genético es un método que se aplica ampliamente en especies vegetales, en cierta forma permite juntar en un solo individuo caracteres favorables presentes en progenitores diferentes, sobre todo obtener variedades con rendimiento superior a los existentes.

El mejoramiento genético de la quinua ha sido conducido con relativa continuidad en la estación Experimental de Patacamaya y con evaluaciones replicadas en otros centros de investigación. Hasta la fecha, se han liberado 13 variedades mejoradas de características sobresalientes en rendimiento, calidad comercial del grano, adaptación a zonas ecológicas particulares con alto grado de precocidad para siembra retrasada y con buenas posibilidades ante los efectos climáticos adversos (IBTA/DNS, 1996).

El mejoramiento de los cultivos andinos debe estar dirigida al aumento de rendimiento, mejora de su calidad, extender sus áreas de explotación adaptar nuevas variedades y domesticar especies silvestres en cultivos para el beneficio del hombre. Esto puede lograrse a través de una mejora directa de los caracteres importantes, como el rendimiento de nuevas variedades adaptadas a las condiciones ambientales

Lescano (1994). Por su parte Espíndola (1995), señala que las variedades mejoradas de quinua deben cumplir ciertos requisitos, entre ellos la novedad, distinguibilidad, homogeneidad y rentabilidad.

Bonifacio (1997), respecto a la variabilidad genética señala que las variedades mejoradas actualmente disponibles provienen de cruzamientos simples intervarietales; sin embargo, los cruzamientos dobles, triples y los cruzamientos intergenéricos constituyen alternativas para incrementar la variabilidad genética y superar el umbral de caracteres presentes dentro de la especie.

3.4.3. Métodos de mejoramiento en la quinua

Los trabajos de mejoramiento en la quinua se iniciaron a partir de 1965 en la Estación Experimental Patacamaya, con miras a mejorar tanto las características de la planta y el grano, como el método de mejoramiento a emplearse; para tal propósito se hicieron estudios sobre su modo de reproducción, herencia, métodos culturales y otros factores afines (Gandarillas, 1979). Espíndola *et al.* (1994), menciona que son diversos los problemas inherentes a la planta de quinua que deben ser abordados por el fitomejorador, el reto más importante sigue siendo mejorar las características del grano y aumentar el rendimiento, sin embargo, estos caracteres no son fácilmente abordables porque requieren tomar en cuenta los factores genotipo y el ambiente asociados al incremento del rendimiento en grano y la calidad del mismo.

Espíndola (1995), señala que el mejoramiento en la quinua significa aumentar la calidad genética de la semilla, porque dará origen a la próxima descendencia. Este aumento puede ser logrado con la aplicación de diversos métodos de fitomejoramiento, unos complicados y otros sencillos, dependiendo de los objetivos buscados, en el caso de la quinua, mejoramiento es provocar una evolución controlada y dirigida, por medio del cual las plantas suelen ser modificadas rápidamente en una dirección de interés como el incremento de la producción de grano, tolerancia a enfermedades, heladas y sequía, reducción de contenido de saponina, aumento de tamaño de grano y contenido de aminoácidos, para tal

propósito se deben seguir complicados procesos de mejoramiento y aun así los resultados obtenidos son poco significativos.

3.4.4. Obtención de líneas

Espíndola Bonifacio y (1996), mencionan que por trabajos de mejoramiento, la obtención de progenies sobresalientes, requieren de evaluaciones preliminares para discriminar los genotipos menos promisorios. Las estimaciones a priori permiten apreciar el potencial productivo de manera paralela a la selección masal y/o individual, este procedimiento facilita la elección de líneas sobresalientes con los caracteres buscados y deseados por el fitomejorador, que posteriormente continúan con las pruebas de rendimiento y la multiplicación de semilla.

Los mismos autores también mencionan que cada línea nueva debe estudiarse en el campo en ensayos de rendimiento, por lo general se consideran necesarios de 3 a 5 años de pruebas de rendimiento, durante los cuales se comparan las líneas con las mejores variedades comerciales bajo amplias condiciones de suelo y clima donde se cultiva la variedad, antes de que una línea se multiplique y se distribuya como nueva variedad.

3.4.5. Origen de las variedades

Las variedades mejoradas provienen de un programa de mejoramiento genético y por tanto tienen su información de su registro, obtentores, procedencia, etc. Las variedades nativas y/o ecotipos tienen información tradicional que en algunos casos no es precisa o se le asigna el mismo nombre a dos variedades distintas o una misma variedad tiene dos nombres distintos (Bonifacio, 2008).

3.4.6. La variedad Kurmi

Bonifacio y Vargas (2005), indica que la variedad Kurmi se obtuvo de una cruce entre Amarilla de Marangani (progenitor materno) y L-57(85)/ (progenitor paterno) seguido por la selección individual en las generaciones iniciales y después por selección masal individual, en las generaciones avanzadas. El criterio primario para la

selección fue la resistencia al mildiu, el rendimiento, la temprana-madurez (precocidad), vigor de la planta (diámetro del tallo), tamaño de panoja (diámetro y longitud), color del grano (blanco) y tamaño del grano (diámetro).

Bonifacio y Vargas (2005), mencionan que la variedad Kurmi tiene un color púrpura en su fase juvenil, anaranjado a rosa en estado de grano masoso y amarillo opaco a la madurez, la inflorescencia es de tipo globular, con color púrpura en verde y rosado suave a la madurez, la planta es semitardía; el tamaño de la semilla es grande, blanco y dulce; debido a su resistencia al mildiu la variedad se adapta bien en el Altiplano Norte y Central (3600-3840 msnm) dónde el mildiu es endémico, es susceptible a granizo y helada (-3°C). Los mismos autores aluden que el grano es excelente para la sopa, ph'isara, kispina y peske así como para el procesado en harina y hojuelas esta última es apropiada para hacer jugos (con manzanas, mango, duraznos y leche) y repostería en general (queque, panqueque, torta, galletas, panecillos, brownies o quinuillos).

3.5. La cosecha de quinua

La cosecha se realiza cuando las plantas han alcanzado la madurez fisiológica, característica que se reconoce cuando cambian de coloración, tornándose en un color amarillo típico, rojizo, rosado, púrpura, negro según los ecotipos y/o variedades. Esta madurez se confirma con la sensación de dureza o resistencia que ofrece el grano a la presión de las uñas. La cosecha debe realizarse dentro del periodo recomendado del ciclo productivo, a fin de evitar pérdidas por desgrane, ataque de aves o el deterioro de la calidad del grano por lluvias, granizadas o nevadas inesperadas (Apaza *et al.*, 2006).

En el sistema manual, la siega se puede realizar de varias maneras hasta el año 2008, según una encuesta realizada en el Altiplano Sur, el 57 % de los productores practicaban el arrancado de plantas, el 42 % realizaba el corte con hoz y un 2 % usaba motosegadora (Aroni *et al.*, 2009).

El corte o siega de la planta madura se realiza a una altura que varía entre 10 y 15 cm desde superficie del suelo. Esta práctica permite que restos de tallo y raíz queden en el suelo, protegiéndolo de la erosión, para que luego se conviertan en materia orgánica a través de un proceso natural de compostaje (Aroni *et al.*, 2009).

Una labor simultánea que debe ser realizada durante la cosecha es la selección de plantas atípicas, particularmente de plantas con diferentes colores de grano, para evitar mezclas que desmejoran su calidad y disminuyen su precio de venta. Por ejemplo, para satisfacer la Norma Boliviana NB NA0038 que establece un máximo del 1 % de granos de otro color (IBNORCA, 2007).

3.5.1. Post cosecha de la quinua

La pos cosecha comprende las labores de secado o emparve, trilla, venteo y almacenamiento, las cuales permite la obtención del grano.

Secado o emparve: consiste en acomodar las plantas en montones inmediatamente después del corte. Existen tres formas de emparve o secado: Arcos, Taucas, y Chucus (Aroni, 2005).

Trilla: consiste en la separación de los granos de la panoja. Existen varias formas de trilla: manual, semimecanizada, mecanizada y trilla directa (Aroni, 2005).

La trilla se realiza cuando los granos están secos y con humedad que fluctúa entre 10 a 13%. Esta labor consiste en separar el grano de la planta desprendiendo los perigonios del fruto obteniendo una mezcla de broza, jipi y grano que debe ser sometido a un proceso de tamizado y venteado para obtener el grano limpio (Tapia y Aroni, 2001).

Venteo: esta labor consiste en la separación del 'Jipi' o perigonio y residuos vegetales del grano comercial. Existen tres formas: tradicional, manual mejorado y mecanizado (Aroni, 2005).

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

3.6. Rendimiento

Espíndola (1996), define a los componentes del rendimiento como los diversos caracteres de la planta que tienen una influencia directa o indirecta sobre la expresión del rendimiento y que tienen un control poligénico, constituyendo entidades orgánicas que cumplen una función biológica en la planta cuya culminación puede ser la producción de grano. Por otra parte la altura de planta, longitud de panoja, diámetro del tallo y el peso de 100 granos tienen efecto directo sobre el rendimiento y que otros caracteres como el diámetro de la panoja tiene un efecto indirecto, también concluyó que el rendimiento de la planta, se encuentran altamente correlacionada con el tamaño de panoja, sugiriendo tomarse muy en cuenta para la selección en el programa de mejoramiento.

Espíndola (1998), al trabajar con cuatro líneas de quinua de la variedad Sajama, separó los componentes de rendimiento en primarios y secundarios tomando en cuenta que un componente es primario cuando su efecto sobre el es inmediato como el peso de 100 granos, diámetro del grano, volumen de panoja y número de granos por panoja; y componentes secundarios al efecto indirecto sobre el rendimiento como ser; altura de planta, área foliar, diámetro de tallo y precocidad.

Mujica *et al.*, (2001) informan valores de rendimiento de 2280 y 3960 kg/ha de genotipos seleccionados en la Prueba Americana y Europea de Quinua, organizada por la FAO en lugares como Italia y Grecia.

3.6.1. Índice de cosecha

El índice de cosecha (IC) refleja la partición de fotoasimilados hacia los granos. Se define usualmente como la proporción del peso seco total que acumula en los órganos cosechados. El índice de cosecha varía con genotipo, el ambiente y la interacción genotipo por ambiente, pero estas variaciones son de mayor magnitud, que las experimentadas por la partición de biomasa (Carcova *et al.*, 2004).

Esta característica mide la capacidad fotosintética y la efectiva translocación de fotosintatos a las semillas, siendo influenciada por prácticas culturales y el medio ambiente (Bertero & Ruiz 2010). Producto de evaluaciones del germoplasma de quinua de Bolivia se determinaron variaciones de 0.06 a 0.87 de índice de cosecha; perteneciendo los valores más bajos a las quinuas del ecotipo valle que se caracterizan por su gran altura y ramificación (Rojas *et al.*, 2003).

3.6.2. Calidad de semilla

Según ORS (2001), la calidad del grano de la quinua para semilla, se juzga por la apariencia en el tamaño, color, uniformidad, ausencia de materiales extraños y viabilidad; tales criterios se determinan mediante atributos óptimos de pureza física, genética, calidad sanitaria y calidad fisiológica.

3.6.3. Pureza de la semilla

La norma para la pureza física en semilla de quinua establece 98% de pureza para la categoría básica y 95% para la categoría registrada y certificada, mientras que para semilla de otras variedades o atípicas establece 1:1000, 10:1000 y 20:1000 para las categorías anteriormente mencionadas (MDRyT-INIAF, 2013).

La pureza debe atribuirse a las muestras libres de malezas y otras especies cultivadas, desechos y material inerte, semillas vacías, inmaduras, dañadas e infectadas. Los bancos de germoplasma deben buscar la pureza absoluta es

importante establecer estándares tan altos como del 95% para la proporción de semillas puras en las accesiones. Si una accesión no cumple este estándar después de la limpieza inicial, debe volverse a limpiar tantas veces como sea necesario hasta obtener la pureza absoluta (Roa, 2007).

Carreño (2002) sostiene que el análisis de pureza, es el de determinar la identidad de las clases importantes de semillas que se encuentran presentes y porcentaje en peso de cada componente: semilla pura, semilla de otros cultivos, semilla de malezas y material inerte. Como la prueba de germinación se basa en el componente de semilla pura, se comprende fácilmente que el análisis de pureza y la prueba de germinación se complementan.

3.6.4. Germinación

Según Bonifacio y Dizes (1992), las semillas de quinua son capaces de germinar muy rápidamente en presencia de humedad, esta semilla está recubierta de una cutícula y por el hilio que esta absorbe la mayor parte del agua necesaria para la germinación, el embrión va a encontrar en el perisperma la energía necesaria para el desarrollo muy rápido de la raicilla luego de los cotiledones, el perisperma está compuesto de células más o menos llenas de montones de granos de almidón.

El IBTA, Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (1993), afirma que la germinación es definida como la emergencia y el desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, manifestando su capacidad para dar origen a una plántula normal, sobre condiciones ambientales favorables y se expresa en porcentaje. Su determinación está padronizada en el mundo entero para cada especie. En función al porcentaje de germinación y de las semillas puras, el agricultor puede determinar la densidad de siembra.

3.6.5. Humedad de la semilla

El contenido de humedad es el factor más importante para determinar la velocidad a la cual las semillas se deterioran, y tiene un impacto considerable en la longevidad

de las semillas en almacenamiento incluso pequeños cambios en el contenido de humedad tienen un gran efecto en la vida en almacenamiento, por lo que es importante determinar el contenido de humedad antes de almacenar las semillas para predecir el potencial de vida en almacenamiento que tendrá cada accesión (Roa, 2007).

La humedad de la semilla se refiere al momento de agua en sus tejidos, la cual oscila entre 12 a 13% Para fines de conservación de la semilla, se requiere 13, 5 %de humedad, cuanto mayor la humedad de la semilla es inconveniente ya que favorece a la presencia de hongos que afectan negativamente a la viabilidad de la semilla.

3.6.6. Calidad física

López (2000), indica que la calidad física se refiere a aquellos parámetros que puede determinarse por procesos físicos y mecánicos como el tamaño, peso , humedad, peso hectolitro y pureza física, cuyas características reflejan el grado de contaminación de las semillas con granos de otras especies, piedrecillas, granos dañados, ajaras y materiales inertes.

3.6.7. Calidad fisiológica y sanitaria

Rodríguez (2005), señala que la calidad fisiológica está determinada por el normal funcionamiento de las partes que conforman una semilla, parámetros como el vigor, germinación, desarrollo y viabilidad de la semilla, son atributos que corresponden a este tipo de calidad.

3.7. Peso hectolítrico volumétrico

El peso hectolitro, se define como el peso de un volumen de 100 l de grano tal cual, expresado en kg/hl. Se determina mediante el uso de una balanza Shoopery es un importante factor de calidad en todas partes del mundo, que está influenciado por la uniformidad, forma, densidad y tamaño de los granos, estableciéndose que a mayor peso hectolítrico, mayor será el contenido de nutrientes (Sevin y Sorlino,2004).

3.8. Calidad del grano

El peso, tamaño y peso final del grano está determinado por la duración del periodo de llenado, la potencialidad genética de cada variedad y las condiciones ambientales que influyen en la uniformización de los granos (Carcova *et al.*, 2004). En este sentido Rodríguez (2005) plantea la clasificación de la semilla de acuerdo al tamaño como el proceso mediante el cual se consigue cierta uniformidad por las características externas.

3.8.1. Calidad comercial del grano

Según la FAO (2013), los requisitos de calidad para producto final en quinua son:

Contenido de saponina: Trazas

Humedad: 9%

Material extraño: Max. 25 mg/lb

Piedras: 0

El rango de variación del diámetro del grano en el germoplasma de quinua varía desde 1.03 mm a 2.66 mm (Cuadro 1), disponiéndose de suficiente variabilidad que podría ser muy bien explotada a través del mejoramiento genético (Rojas, 2003). Las quinuas con granos pequeños proceden principalmente del Altiplano Norte, y también por la mayoría de las accesiones que proceden de los valles interandinos y de nivel de mar, mientras que por el contrario las accesiones de grano grande tienen como centro de origen a las áreas del intersalar de Uyuni y Coipasa que corresponde al Altiplano Sur de Bolivia.

Según IBNORCA (2007) el grano de quinua por su diámetro se clasifica en cuatro categorías (Cuadro 1).

Cuadro 1. Determinación de la clase de los granos de quinua en función a su diámetro promedio

Clase	Tamaño de los granos	Diámetro promedio de los granos, expresados en mm	Tamaño de malla
Especial	Extra grande	Mayores a 2,20	85% retenido en la malla ASTM 10
Primera	Grandes	Entre 1,75 a 2,20	85% retenido en la malla ASTM 12
Segunda	Medianos	Entre 1,35 a 1,75	85% retenido en la malla ASTM 14
Tercera	Pequeños	Menores a 1,35	

Fuente: IBNORCA (2007) y NB31 (2004).

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. La Quinua Real es un producto originario de Bolivia, cuya calidad y reputación se debe exclusivamente al medio geográfico en el que se produce, incluyendo los factores naturales y humanos propios del Altiplano Sur (Rojas y Pinto 2013).

3.9. 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). A continuación se describen los procesos básicos de algunos de ellos junto con investigaciones sobre los efectos de los diversos procesos sobre la calidad nutricional de los derivados e investigaciones sobre la elaboración de productos potenciales como los aceites, concentrados y aislados proteicos.

3.9.1. Quinua perlada

La quinua perlada es el grano de quinua desaponificado y listo para la preparación de alimentos. El desaponificado o el desamargado se realiza por diferentes medios, siendo lo más común empleado en las plantas de beneficiado de quinua el método

combinado entre la escarificación (vía seca) y lavado (vía húmeda) (Bonifacio *et al.*, 2013).

En la obtención de la quinua perlada, el método combinado de escarificación mecánica y lavado en agua permite remover la saponina hasta un nivel de 0,06 a 0,12 %, siendo este grano apto para el consumo humano (Mujica *et al.*, 2006)

3.9.2. Hojuelas de quinua

Para la obtención de la hojuela de quinua, el grano es previamente desaponificado siguiendo el proceso de la quinua perlada, para luego secarlo hasta una humedad aproximadamente entre 15 y 16 %. Las hojuelas de quinua se obtienen sometiendo el grano a presión entre rodillos de giro convergente, proceso muy similar al laminado de la avena. El tamaño de las hojuelas depende de la variedad y del uso final que se le dé, se puede tener un espesor entre 0,1 y 0,5 mm (Mujica *et al.*, 2006). La integridad de las hojuelas depende de la variedad y más que todo de la plasticidad del almidón (perispermo) del grano y la adherencia del embrión al perispermo. Las variedades dulces han conservado mejor la integridad de las hojuelas, en cambio, las amargas tienden a desintegrarse y formar mayor proporción de la parte fina o sémola que está formada por partículas finas del embrión (proteína). La hojuela obtenida es complementada con un secado hasta un contenido de humedad menor al 14% (Del Castillo *et al.*, 2013).

4. LOCALIZACIÓN

El trabajo de investigación se realizó en el centro de Promoción e Investigación de Productos Andinos, K'iphak'ipani, ubicado en las proximidades de la ciudad de Viacha, provincia Ingavi, en el departamento de La Paz, geográficamente situada a 16° 40' 30" de latitud sur y 68° 17' 68" de longitud oeste encontrándose a una altura de 3880 msnm.

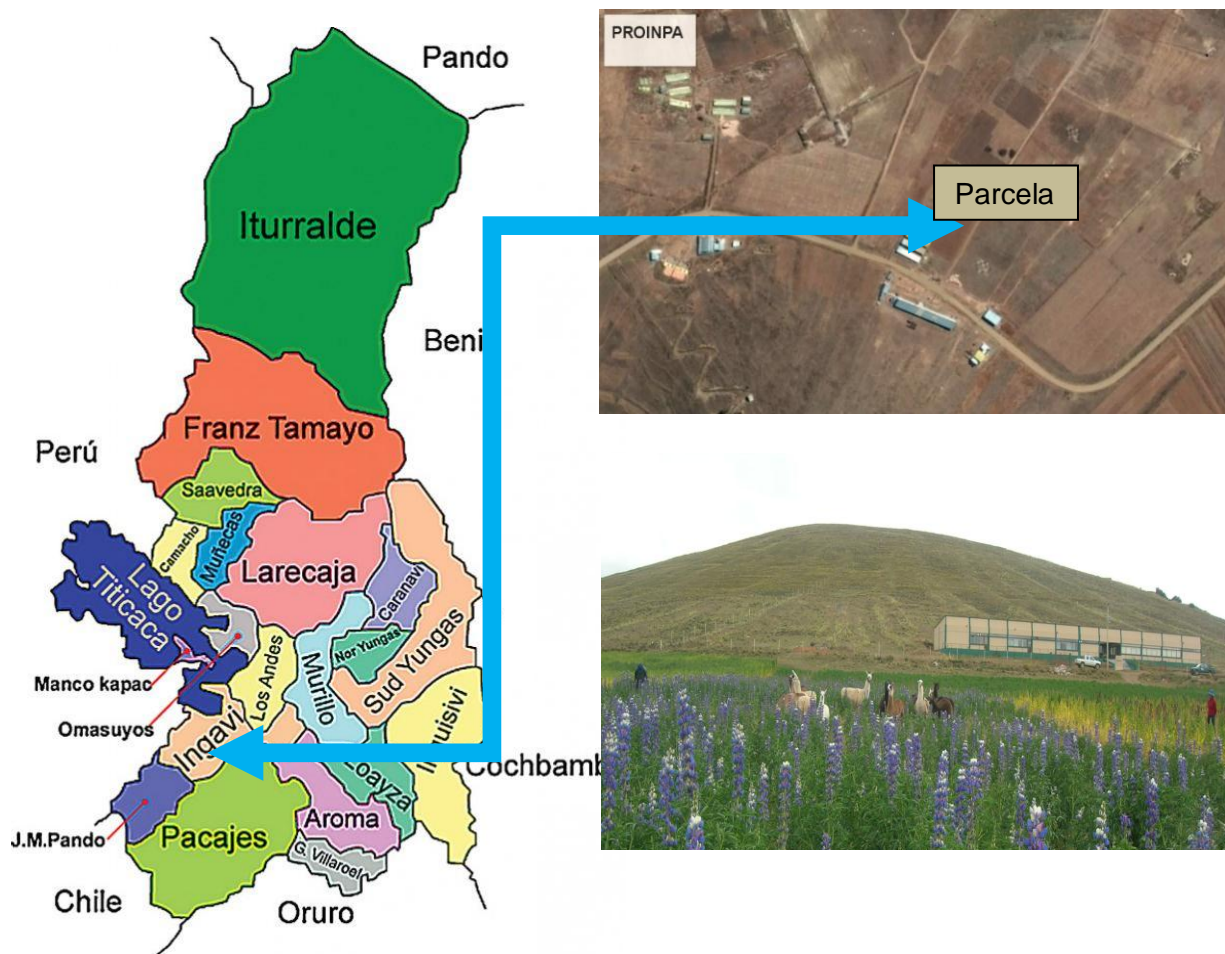


Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica de “K'iphak'ipani”

4.1. Características generales de la zona de estudio

4.1.1. Clima

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

4.1.2. Fisiografía y suelos

La zona de estudio corresponde al paisaje planicie, no anegadizo con una pendiente suave de 0.56 % de micro relieve, ondulación muy ligera, con un drenaje externo moderado y con drenaje interno moderadamente lento. Los suelos de la zona son de origen aluvial reciente con deposiciones finas, presenta una profundidad efectiva de 25 a 32 cm ofreciendo bastante facilidad de laboreo y que responde adecuadamente a la incorporación del material orgánico e inorgánico.

4.1.3. Vegetación

En esta zona la vegetación predominante está compuesta por especies nativas de tipo herbáceo y la mayoría de ellas pertenecen a la familia Poaceas (gramíneas), además de otras especies herbáceas y arbustivas. Entre las especies cultivables se tiene la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), papa (*Solanum tuberosum*), cebada (*Hordeum vulgare*), papalisa (*Ullucus tuberosum*), haba (*Vicia faba*), avena (*Avena sativa*), oca (*Oxalis tuberosum*) y cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material genético

El material genético estuvo integrado por 15 genotipos de ciclo tardío seleccionados por resistencia al mildiu. Este material (Cuadro 2) fue evaluado en sus caracteres inherentes a la cosecha y pos cosecha bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones.

Cuadro 2. Descripción de las características agronómicas del material vegetal de quince genotipos

	GENOTIPOS	INFLORESCENCIA	
Tratamientos	Líneas	COLOR	TIPO
1	L-15a/1/ (03)	Púrpura	Glomerulada
2	L-15a/2/ (03)	Púrpura	Glomerulada
3	L-17a/1/ (03)	Púrpura	Glomerulada
4	L-17c/1/ (03)	Púrpura	Glomerulada
5	L-17c/2/ (03)	Púrpura	Glomerulada
6	L-17d/1/ (03)	Púrpura	Glomerulada
7	L-17e/1/ (03)	Púrpura	Glomerulada
8	L-107	Púrpura	Glomerulada
9	L-6a/1/CB(04)	Púrpura	Glomerulada
10	L-AM	Púrpura	Amarantiforme
11	A-3	Verde	Glomerulada
12	Kurmi	Púrpura	Glomerulada
13	H-177	Verde	Glomerulada
14	Blanquita HB	Verde	Glomerulada
15	Blanquita HB	Púrpura	Glomerulada

5.1.2. Material de campo

Se utilizaron los siguientes equipos y materiales de campo: cinta métrica (100 m), hoces, flexómetro de 5 m, calibrador mecánico y digital (vernier), marbetes de 3 x 5 cm, bolsas de polipropileno, lonas, zarandas, platos, bañadores de plástico, cámara

fotográfica, regla metálica de 60 cm, cuaderno de registros, bañadores, trilladora estacionaria, venteadora mecánica.

5.1.3. Material de laboratorio y gabinete

Se utilizaron los siguientes materiales; balanza eléctrica de precisión, cajas Petri de vidrio, pinzas, piceta, calibrador digital (vernier), probeta graduada de 10 ml, papel absorbente, agua destilada, cartulina (marbetes), tijera, lápiz, marcador, hojas bond, calculadora científica, clasificador de grano (calibrador), regla metálica, computadora, equipo para medir la humedad del grano.

5.1.4. Equipo semi industrial

Para evaluar la calidad para laminado, se empleó una laminadora semi industrial de quinua a rodillo y accionado por corriente eléctrica.

5.2. TRABAJO DE CAMPO

5.2.1. Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual (corte con hoz) en dos fases, del 20 de marzo al 15 de abril tomando en cuenta la madurez fisiológica continua de cada uno de los genotipos, la que fue determinada por el amarillamiento natural de la planta y la resistencia de los granos a la presión entre las uñas de los dedos.

Se cosechó los dos surcos centrales de cada parcela útil que presentaba un área de 1,5 m² destinados para la evaluación, los dos surcos laterales y extremos de los surcos fueron cosechados separadamente por efecto de bordura.

5.2.2. Formación de parvas

Posterior al corte se agrupó cada línea identificada con marbetes y asegurados con una pita. El material cosechado fue acomodado en parvas para terminar el secado de la planta. A pesar de la época de cosecha las lluvias no cesaban por lo que se formó arcos o parvas cubiertos con polietileno (Nylon) para evitar la germinación del grano por la excesiva humedad como también para proteger del ataque de pájaros.

5.2.3. La trilla

Cuando el material cosechado estaba seco y previo a la trilla, se procedió a registrar los pesos totales de las plantas cosechadas de cada unidad experimental. La trilla se realizó cuando las plantas se encontraban en punto de desgrane (14% de humedad), para lo cual se extendieron lonas para cada línea cuidando que no se mezclen entre sí, luego se procedió a trillas por el método manual desprendiendo por completo el grano de la panoja además removiendo el perigonio que cubre a la semilla.

5.2.4. Venteo

El venteo se realizó manualmente empleando bañadores para levantar el grano tamizado y dejar caer similar a un chorro de caída continua para que la corriente de aire separe las impurezas livianas.

En peso de grano limpio, fue registrado en gramos por parcela útil para luego ser transformados en kg por hectárea.

5.3. Diseño experimental

5.3.1. Modelo lineal aditivo

Para el presente estudio se utilizó el Diseño de Bloques al Azar, distribuyendo aleatoriamente los quince genotipos, este diseño experimental se caracteriza porque todos los tratamientos aparecen representados una vez en cada uno de los bloques (Finney, 1993).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ijk}$$

Donde;

Y_{ij} = Es la observación del tratamiento i en el bloque

μ = media general

α_i = efecto de tratamiento i

β_j = efecto del bloque j

E_{ijk} = Error muestral de la observación k en la repetición j del tratamiento i .

El estudio de calidad de grano fue analizado con el diseño completamente al azar, propuesto por (Arteaga, 2003) con tres repeticiones, utilizando 15 genotipos haciendo un total de 45 unidades experimentales. Este diseño está representado por el siguiente modelo lineal aditivo;

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde;

Y_{ij} = Es la observacion del tratamiento i, de la repeticion j.

μ = media general

α_i = efecto de tratamiento i

E_{ij} = Error experimental del tratamiento i, de la repeticion j.

5.3.2. Características de la parcela experimental

El ensayo fue sembrado con las siguientes características

Unidades experimentales: 45

Unidad experimental: 6 m²

Distancia entre surco: 0,5m

Longitud de surcos: 3 m

Numero de surcos: 4

Distancia entre bloques: 0,5m

Superficie del ensayo: 383,5m²

Número de bloques: 3

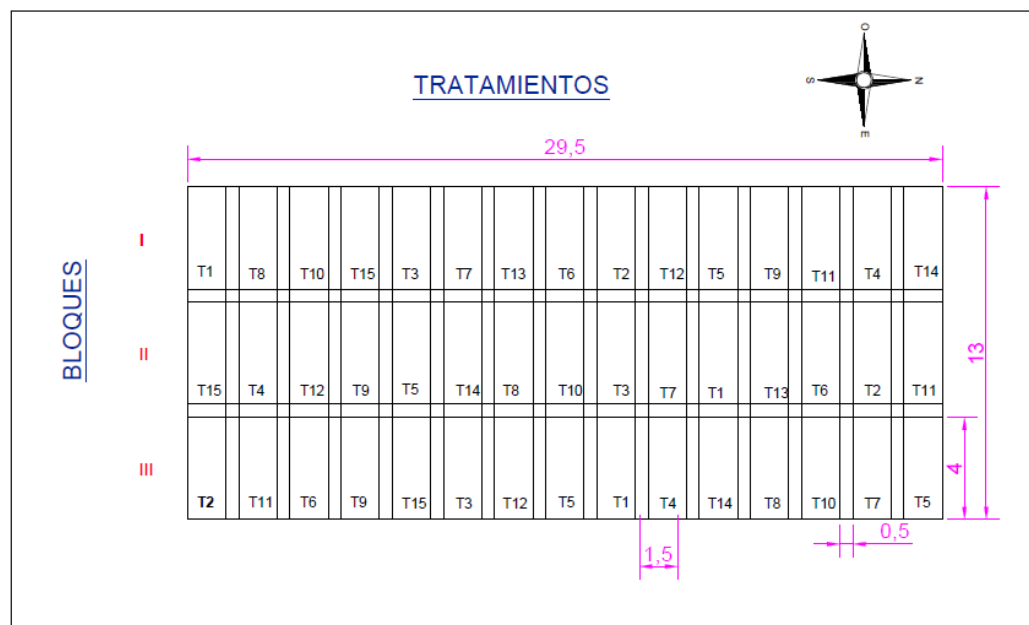


Figura 2. Croquis de la parcela experimental en predios de “PROIMPA”

5.4. Variables de evaluación

5.4.1. Altura de planta

La altura de planta fue medida en cinco plantas individuales por cada unidad experimental, estos datos fueron registrados antes de la cosecha. La medición fue efectuada desde la base del cuello de la planta hasta el ápice de la panoja utilizando para el propósito un flexómetro.

5.4.2. Longitud de panoja

La longitud de panoja fue evaluada en base a los promedios de los datos tomados de cinco plantas individuales por cada unidad experimental, los datos fueron registrados antes de la cosecha. La medición fue efectuada desde el punto donde se concentran los glomérulos hasta el ápice de panoja empleando para este propósito un flexómetro.

5.4.3. Diámetro de panoja

El diámetro de panoja fue evaluado en cinco plantas individuales por cada unidad experimental, los datos fueron registrados antes de la cosecha midiendo en el tercio medio de la panoja con un calibrador digital.

5.4.4. Índice de cosecha

El índice de cosecha se determinó después de la cosecha, primeramente, se procedió al pesaje en gramos de la planta seca de la parcela útil para cada tratamiento, para luego realizar la trilla, limpieza del grano y su posterior pesaje en gramos. Con estos datos, se procedió al cálculo del índice de cosecha mediante la siguiente expresión:

$$IC = \frac{\text{Peso seco de los granos}}{\text{Peso seco total de la planta}}$$

5.4.5. Rendimiento

El rendimiento en grano se determinó cosechando las plantas de la parcela útil integrada por los surcos centrales descartando los surcos de borde y obteniendo el grano limpio de cada unidad. Los pesos de grano en primera instancia fueron expresados en gramos/parcela útil y posteriormente fueron transformados a kilogramos/hectárea.

5.4.6. Categorización de grano por tamaño

Para realizar la calibración de grano se utilizó el grano obtenido de la parcela útil de las 15 líneas de quinua. La medición y la separación de granos por tamaño se efectuó empleando un juego de tamices.

El juego de tamices establecido para cuatro tamaños, se diferencia por color y también por diámetro de la criba, siendo blanco (TM1 \geq 2,20 mm), Amarillo (TM2 \geq 1,75 a 2,20 mm), Celeste (TM3 \geq 1,35 a 1,75 mm) y Verde (TM4 $<$ 1,35 mm). Una vez separado el grano según calibre o tamaño, se procedió a registrar el peso por cada

categoría de grano y luego se determinó el porcentaje de cada categoría obtenido para el grano de cada unidad experimental.

5.4.7. Prueba de germinación

Para efectuar cualquier tipo de siembra referido a un cultivo determinado es muy necesario conocer la viabilidad de la semilla y su capacidad de germinación.

La prueba de germinación se efectuó en laboratorio después de la calibración del grano obtenido de los tres metros lineales de las catorce líneas y una variedad. Como se mencionó anteriormente, el grano fue separado mediante la calibración en grano extra grande, grande, mediano y pequeño.

Para la prueba de germinación se empleó el método de la caja Petri, para lo que se contó 50 semillas con tres repeticiones para cada línea. La evaluación del número de semillas germinadas se efectuó cada 12 horas después de haber iniciado la prueba, se tomó en cuenta como semilla germinada a partir de que la radícula de la raíz alcanzó una longitud de 2 milímetros.

5.4.8. Determinación del peso hectolítrico

Se determinó el peso hectolítrico de acuerdo al calibre de grano, es decir por separado para grano extra grande, grande y mediano obtenido en genotipos de quinua. Se registró el peso en gramos de un litro de volumen que ocupa el grano, para ello se utilizó una probeta de 10 ml como unidad constante de volumen para luego ser pesado en una balanza con tres dígitos de precisión. Se registró el volumen y el peso del grano de quinua, que fue convertido a kg/hl (kilogramo/hectolitro). Cabe señalar que los granos de quinua se vertieron a la probeta utilizando un embudo con la misma velocidad de caída para todas las muestras.

5.5. Evaluación de calidad de grano para el laminado

5.5.1. Proceso de laminado

El proceso de laminado se inició con el beneficiado de la quinua ya que el producto obtenido debe ser libre de saponina. Para ello, las muestras de quinua fueron lavadas manualmente con abundante agua fría, friccionándolas para eliminar la saponina del grano hasta que desaparezca la espuma, luego fueron secadas al sol y posteriormente embolsadas con su registro respectivo.

5.5.2. Acondicionamiento del grano para laminado

En el proceso de acondicionamiento, se prepararon cuatro muestras de 100 gramos de quinua para cada genotipo, se realizó un ensayo previo para determinar la cantidad adecuada de agua para 100 g de quinua. A la muestra de 100 g se adicionaron con 3 a 8 ml de agua. La cantidad de agua para el acondicionamiento del grano varía ya que algunos genotipos requieren mayor cantidad de agua. El masajeado debe ser suave y homogéneo para incorporar agua al grano.

La humedad para el proceso de laminado del grano de quinua fue de 15 a 17% que fue registrado con un determinador de humedad. Cantidades mayores de humedad dificultan el trabajo, por la adherencia de las laminillas de quinua al rodillo, disminuyendo la calidad del producto; valores menores de humedad producen fragilidad y desintegración de la hojuela en forma de harina o sémola.

5.5.3. Laminado

El laminado se realizó con una laminadora semi industrial previamente regulando la luz de los rodillos para obtener un espesor adecuado, las muestras de quinua acondicionadas para el proceso, se dejó caer los granos en forma homogénea poco a poco en la tolva. Repitiendo el proceso con las muestras ya preparadas, obteniendo hojuelas con formas ovaladas y circulares, m.

5.5.4. Secado y tamizado de hojuelas

Después de realizar el laminado para cada tratamiento se dejó secar cada muestra en el laboratorio, es decir bajo sombra ya que expuesto al sol disminuye la calidad de la hojuela.

El tamizado de hojuelas consistió en separar las unidades integra de la sémola o harina de cada muestra.

Se avaluó la calidad de la hojuela, registrando datos de espesor y diámetro de cinco hojuelas al azar para cada muestra. Para lo cual se utilizó un vernier digital.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Variables evaluadas a la cosecha

6.1.1. Altura de planta

El análisis de varianza para la altura de planta que se muestra en el cuadro 3, refleja que no existe diferencia significativa entre bloques, pero sí existe diferencias significativas entre los genotipos (cuadro 3).

El coeficiente de variación es de (7,4 %) lo cual refleja el grado de confiabilidad en los datos y el manejo del experimento.

Cuadro 3. Análisis de varianza para altura de planta de quince genotipos.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	P
Bloques	2	9370,8	4685,4	44,59	3,34 ns
Genotipos	14	2784,5	198,9	1,89	0,045*
Error	28	2942,4	105,1		
Total	44	15097,7			
CV (%)	7,4				

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

6.1.1.2. Comparación de medias de altura de planta

Las diferencias de las medias entre los quince genotipos en estudio para la variable altura de planta (prueba de Rango Múltiple de Duncan realizada a nivel de 5 % de significancia), mostraron tres grupos diferentes Anexo 4. La Figura 3 presenta la respuesta de los quince genotipos donde la altura de planta estadísticamente superior, correspondió a la L-10 con una altura de 149,6 cm, seguido por las L-7 y L-13 con una altura de 148,1 y 146,8 cm respectivamente; por último, las líneas que obtuvieron menor altura de planta fueron la L-14 y la L- 8 con 126,2 y 126 cm.

Según estudios realizados por Vargas (2007), los genotipos precoces y semiprecoces presentan alturas de planta con un rango de 80 a 95 cm para la

variable. El primer grupo identificado en el presente estudio con un promedio de 80.4 cm, se encuentra dentro los rangos reportados.

La altura de la planta de quinua es un carácter muy variable donde es posible encontrar variedades altas y de porte bajo según las características propias, variando entre 0,70 a 1,40 m (Gandarillas y Bonifacio, 1991). Los datos de altura de planta registrados en el estudio se encuentran en este rango.

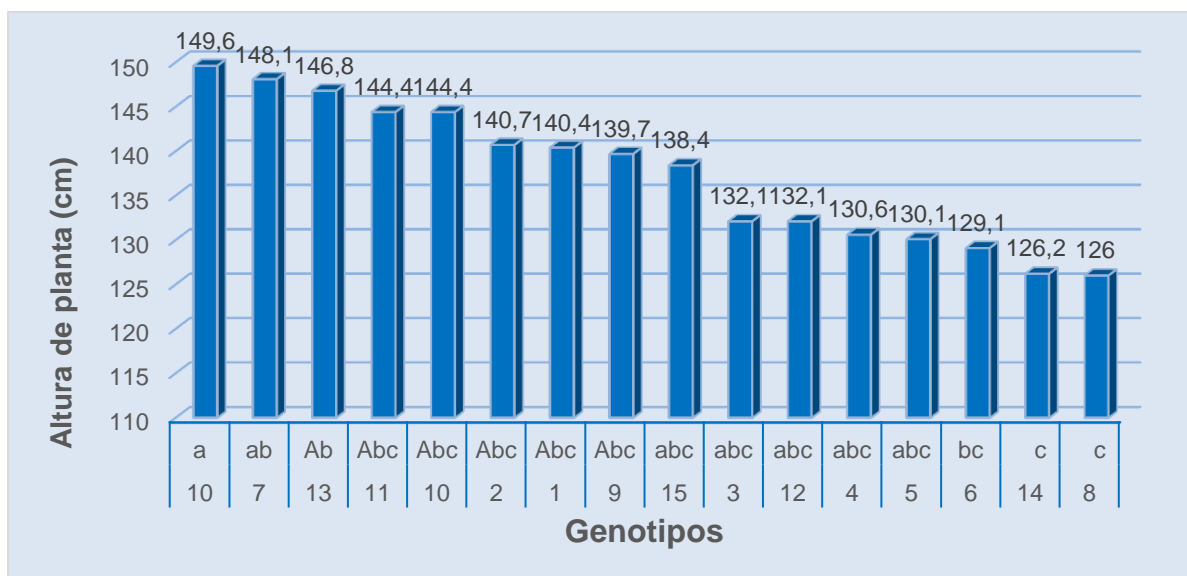


Figura 3. Altura de planta (cm) de quince genotipos de quinua

6.1.2. Diámetro de panoja

El análisis de varianza para el carácter diámetro de panoja se muestra en el cuadro 4 en el cual se observa que no existen diferencias significativas entre bloques, pero las diferencias entre el material genético evaluado son significativas.

Cuadro 4. Análisis de Varianza (ANVA) para diámetro de panoja (D Pn)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Bloques	2	4,1914	2,0957	3,85	3,34ns
Genotipos	14	18,1018	1,2930	2,37	0,025*
Error	28	15,2513	0,5447		
Total	44	37,5445			
CV (%)	13,9				

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

El coeficiente de variación de 13,9% determina la confiabilidad de los datos tomados y el manejo del experimento.

6.1.2.1. Comparación de medias de diámetro de panoja

El carácter diámetro de panoja de los quince genotipos, mediante la prueba de rango múltiple de Duncan realizada a nivel de 5% de significancia presento cinco grupos diferentes (Anexo 5). La figura 4 presenta las medias del diámetro de panoja de los quince genotipos estadísticamente superior correspondió a la L-7(L-17e/1/ (03)) con un diámetro de panoja 6,49 cm respectivamente; la variedad Kurmi, obtuvo menor diámetro de panoja con 4,33 cm.

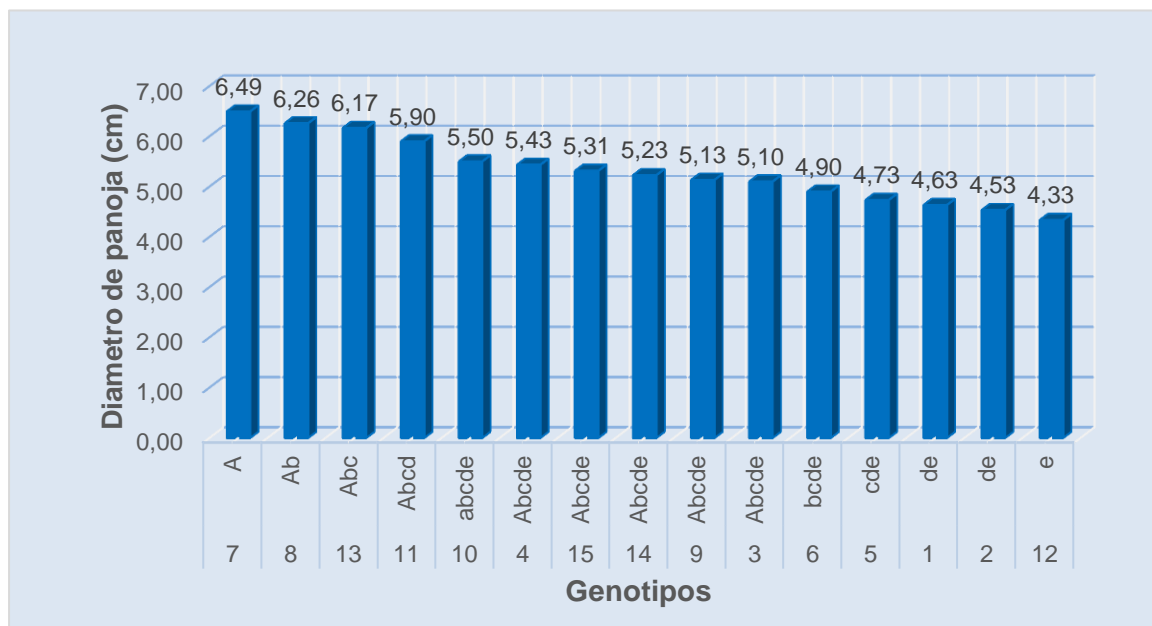


Figura 4. Gráfica diámetro de panoja (cm) de quince genotipos de quinua

El diámetro de panoja entre las accesiones que forman las panojas con menor y mayor diámetro varía en un rango de 2,9 a 19,4 cm según un análisis de diversidad genética del germoplasma de quinua en Bolivia, pero el promedio más común de diámetro de panoja se encuentra alrededor de $6,9 \pm 1,6$ (Rojas, 1998). Los quince genotipos se encuentran en este rango para diámetro de panoja.

6.1.3. Longitud de panoja

El cuadro 5 muestra el análisis de varianza de los quince genotipos de quinua en estudio para la longitud de panoja donde se observa que no existen diferencias significativas entre bloques, lo que muestra la homogeneidad del suelo donde fue establecido el ensayo. En cambio, las diferencias observadas para los genotipos son significativas.

Cuadro 5. Análisis de Varianza (ANVA) para longitud de panoja en genotipos de quinua

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Bloques	2	367,26	183,63	13,66	3,34 ns
Genotipos	14	456,69	32,62	2,43	0,022*
Error	28	376,34	13,44		
Total	44	1200,29			
CV		16,5			

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

El coeficiente de variación de (16,5 %) determina el grado de confiabilidad de los datos y el manejo del experimento.

6.1.3.1. Comparación de medias de longitud de panoja

La diferencia de las medias de los quince genotipos para el carácter de longitud de panoja, mediante la prueba de Duncan al nivel de probabilidad de 5% de significancia muestra tres grupos diferentes que se presenta en anexo 6. En la figura 5 se observa que la línea L-13 (H-177) mostró superioridad sobre las otras con una longitud de

panoja de 28,17 cm respectivamente; la variedad Kurmi y la línea 10, se identificó como las líneas que alcanzaron menor longitud de panoja con 17,50 y 17,33 cm.

La longitud de panoja es uno de los principales componentes, directamente relacionado con el rendimiento en grano de la quinua, ya que a partir de esta variable se podrá determinar la productividad de una determinada variedad, los promedios en longitud de panoja registrados en el presente estudio clasifican a las líneas entre grandes a medianas de acuerdo al rango (Bonifacio et al., 2004) que agrupan la longitud de panoja en pequeñas de 15 cm, medianas y grandes hasta 70 cm. Estos resultados se pueden atribuir al potencial genético de la variedad y las líneas mejoradas, así mismo a las condiciones climáticas del lugar.

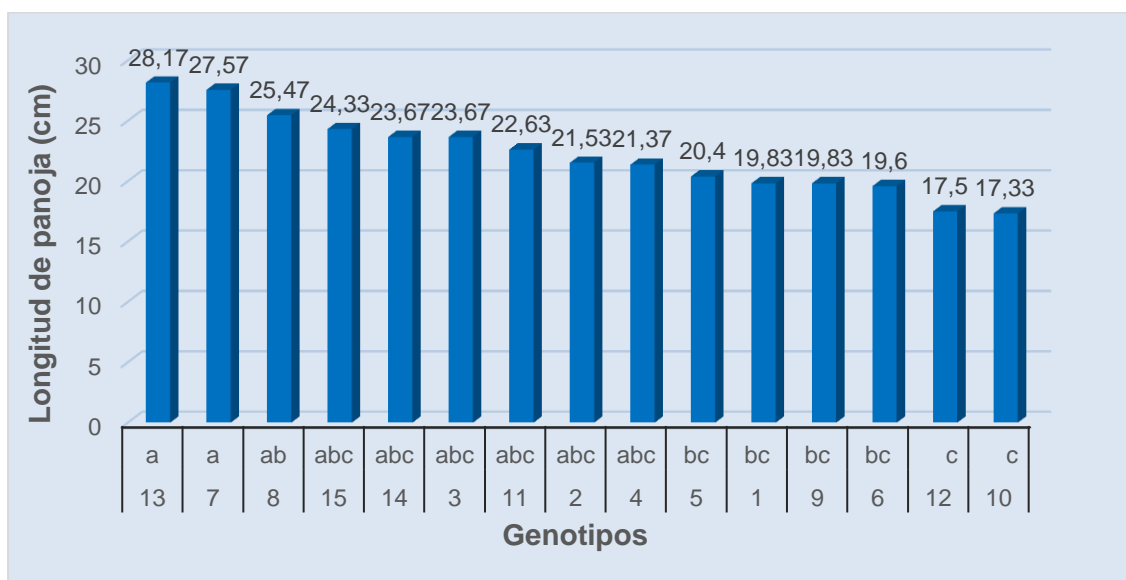


Figura 5. Longitud de panoja (cm) en quince genotipos de quinua.

6.1.4. Índice de cosecha

El análisis de varianza para el índice de cosecha que se muestra en el cuadro 6, indica que no existen diferencias significativas entre los bloques, mientras que las diferencias para los genotipos son significativas. Este aspecto nos comprueba que existe variación debido a las características genéticas propias de los genotipos estudiados.

Cuadro 6. Análisis de Varianza (ANVA) para índice de cosecha (IC) en 15 genotipos

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Bloques	2	0,002793	0,001396	0,95	3,34ns
Genotipos	14	0,064867	0,004633	3,14	0,05*
Error	28	0,041277	0,001474		
Total	44	0,108937			
CV (%)	10,2				

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

El coeficiente de variación de (10,2 %) determina el grado de confiabilidad de los datos y el manejo del experimento.

6.1.4.1. Comparación de medias para el índice de cosecha

Para una interpretación más precisa se realizó la prueba múltiple de Duncan Figura 6, donde se puede distinguir tres categorías de medias similares que se presenta en el Anexo 7, la L-8 (L-107) es la que obtuvo mayor índice de cosecha con 0,4375 aunque comparten valores similares con once líneas de ubicación subsecuente en la jerarquía de medias, la L-11 (A-3) se diferenció por obtener el menor índice de cosecha 0,2854.

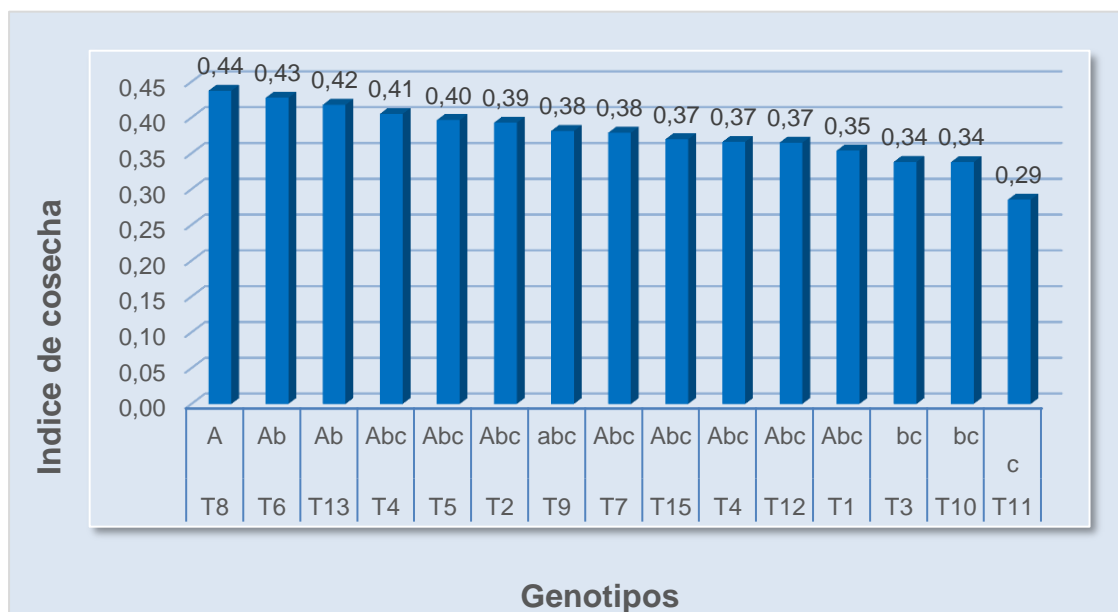


Figura 6. Índice de cosecha de quince genotipos de quinoa

6.1.5. Rendimiento

El cuadro 7 presenta el análisis de varianza para el carácter de rendimiento de grano, donde se muestra que no existen diferencias significativas entre bloques, al contrario, entre genotipos se evidenció diferencias significativas.

El coeficiente de variación de 17,2% la cual indica una confiabilidad de los datos y el manejo del experimento en campo.

Cuadro 7. Análisis de Varianza (ANVA) rendimiento de grano

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Bloques	2	6767489	3383744	17,27	3,44ns
Genotipos	14	10214574	729612	3,72	0,003*
Error	22(6)	4310220	195919		
Total	38(6)	17772739			
CV (%)	17,2				

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

6.1.5.1. Comparación de medias y prueba Duncan para el rendimiento del grano

La prueba de Duncan realizada al nivel de 5% de probabilidad identificó cinco grupos estadísticamente diferenciables que se presenta en Anexo 8 .La figura 7 muestra el rendimiento superior que correspondió a la L-13 (H-177) con 3241 kg/ha de grano respectivamente, el rendimiento más bajo fue obtenido por L-11 (A-3) con 1459 kg/ha.

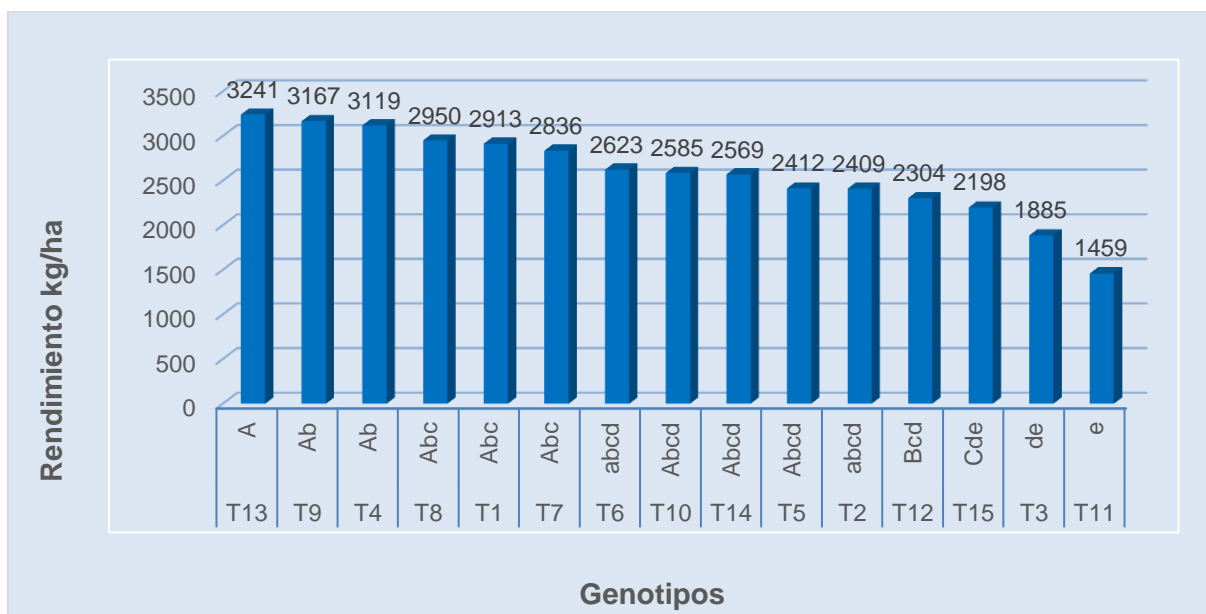


Figura 7. Rendimiento de grano (kg/ha)

Los rendimientos obtenidos en el presente estudio son altos, lo cual se atribuyen a las condiciones ambientales del lugar de estudio y al carácter genético de las líneas mejoradas (ciclo productivo largo).

Es importante mencionar que en un estudio realizado por Chungara (2000) en el Altiplano Central, determinó que la precocidad es un carácter que se asocia negativamente con la altura de la planta y el rendimiento, lo que significa que mientras más precoz sea, más pequeña será la planta y de menor rendimiento.

6.2. Peso del grano por tamaño en las líneas de quinua

El análisis de varianza se ha realizado con datos de rendimiento y porcentajes de cada categoría de grano clasificado con el juego de tamices.

6.2.1. Categoría de grano según calibre

6.2.2. Tamaño de grano extra grande

El cuadro 8 presenta el análisis de varianza, para categoría de grano extra grande según calibre del mismo, evidenciándose que las diferencias son altamente significativas en la categoría de grano extra grande. El coeficiente de variación de

26,61% la cual indica una confiabilidad de los datos y el manejo del experimento en laboratorio.

Lo anterior refleja las diferencias genéticas de las líneas para el carácter tamaño de grano, lo cual podría ser útil para seleccionar líneas por tamaño de grano.

Cuadro 8. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de tamaño de grano extra grande (≥ 2 mm)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Genotipos	14	12257,31	875,52	5,99	0,0001**
Error	30	4386,68	146,22		
Total	44	16643,99			
CV (%)	26,61				

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

6.2.3. Tamaño de grano grande

El cuadro 9 presenta el análisis de varianza, para categoría de grano grande evidenciándose que las diferencias son significativas para los genotipos. El coeficiente de variación de 22,63% la cual indica una confiabilidad de los datos y el manejo del experimento.

Cuadro 9. Análisis de Varianza (ANVA) para el porcentaje de tamaño de grano grande ($\geq 1,5$ mm)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Genotipos	14	2424,34	173,17	2,64	0,0126*
Error	30	1968,30	65,61		
Total	44	4392,64			
CV (%)	22,63				

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

6.2.4. Tamaños de grano mediano

El cuadro 10 presenta el análisis de varianza, para categoría de grano mediano evidenciándose que las diferencias son altamente significativas para la fuente de variación de los genotipos.

El coeficiente de variación es de 27,15% la cual indica una confiabilidad de los datos y el manejo del experimento.

Cuadro 10. Análisis de Varianza (ANVA) para tamaño de grano mediano (≥ 1 mm)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Genotipos	14	16373,98	1169,57	13,47	0,0001**
Error	28	2508,09	89,57		
Total	44	18978,70			
CV (%)	27,15				

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

Cuadro 11. Comparación múltiple de Duncan para porcentaje de tamaño de grano extra grande (PGEG) y grano grande (PGG)

Tratamientos	PGEG	Duncan	PGG	Duncan
1	60,17	abc	41,30	Abc
2	68,20	ab	35,32	Abc
3	59,77	abc	45,03	Ab
4	53,27	abcd	35,22	Abc
5	70,60	A	32,20	Bc
6	45,84	bcde	40,66	Abc
7	41,70	cde	39,37	Abc
8	66,97	ab	33,52	Abc
9	41,28	cde	38,57	Abc
10	39,43	cde	29,23	Bcd
11	30,43	def	17,30	D
12	28,27	ef	49,17	A
13	15,70	F	27,83	Cd
14	25,52	ef	35,04	Abc
15	34,53	def	37,11	Abc

El cuadro 11 contiene los resultados de la comparación múltiple de Duncan para porcentaje de grano extra grande y grano grande, observándose que los valores promedio de grano extra grande presenta un rango amplio, por lo que se forman seis grupos de medias similares, para grano grande se forman cuatro grupos diferentes, en la figura 8 se observa que la línea 5 (L-17 c/2/ (03)) estadísticamente mostró superioridad sobre las otras con un porcentaje de tamaño de grano extra grande de 70,60% y la línea 12 Kurmi mostró superioridad sobre las otras con un porcentaje de tamaño de grano grande de 49,17% respectivamente; la línea L13 (H-177) y la línea 11 (A-3) se identificaron por obtener el menor porcentaje en tamaño de grano extra grande y grano grande con 15,70% ; 17,30%.

Lo anterior refleja las diferencias genéticas de las líneas para el carácter tamaño de grano, lo cual podría ser útil para seleccionar líneas por tamaño de grano.

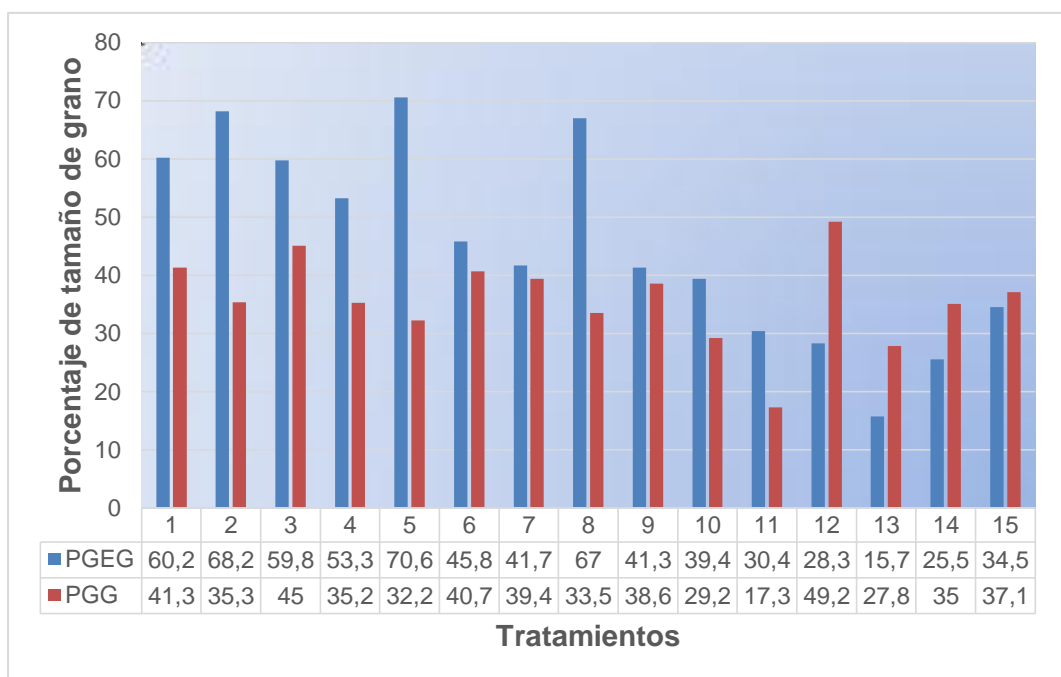


Figura 8. Porcentaje de tamaño de grano extra grande y grano grande

Durante el desarrollo de las fases generativas de la planta se puede observar un crecimiento gradual en el diámetro en la mayoría de las especies. Al respecto Bonifacio *et al.* (1997) indican que el diámetro de la semilla es una característica cuantitativa y está controlada por genes de efecto aditivo y la estabilidad de estos caracteres se encuentra afectada por el efecto ambiental.

Cuadro 12. Comparación múltiple de Duncan para porcentaje de tamaño de grano grande (PGG) y grano mediano (PGM)

Tratamientos	PGG	Duncan	PGM	Duncan
1	41,30	Abc	14,93	Ef
2	35,32	Abc	17,77	Def
3	45,03	Ab	14,24	Ef
4	35,22	Abc	29,44	cde
5	32,20	Bc	11,73	F
6	40,66	abc	31,97	bcd
7	39,37	abc	32,47	bcd
8	33,52	abc	14,62	Ef
9	38,57	abc	32,61	bcd
10	29,23	bcd	42,97	Bc
11	17,30	D	76,87	A
12	49,17	A	36,00	bc
13	27,83	Cd	71,13	A
14	35,04	abc	48,38	B
15	37,11	abc	39,77	bc

El cuadro 12, contiene los resultados de la comparación múltiple de Duncan para porcentaje de grano grande y grano mediano, observándose que los valores promedio de grano mediano presenta un rango amplio, por lo que se forman cuatro grupos de medias similares, para grano mediano se forman seis grupos diferentes. En la figura 9 se observa que la línea 12 Kurmi mostró superioridad estadística sobre las otras con un porcentaje de tamaño de grano grande 49.17% y la línea 11 (A-3) mostro superioridad estadísticamente sobre las otras con un porcentaje de tamaño de grano mediano 76,9% respectivamente. La línea L11 (A-3) y la línea 5(L-17c/2/(03)), se identificaron por contener el menor porcentaje en tamaño de grano grande y grano mediano con 17,30%; 11,73%.

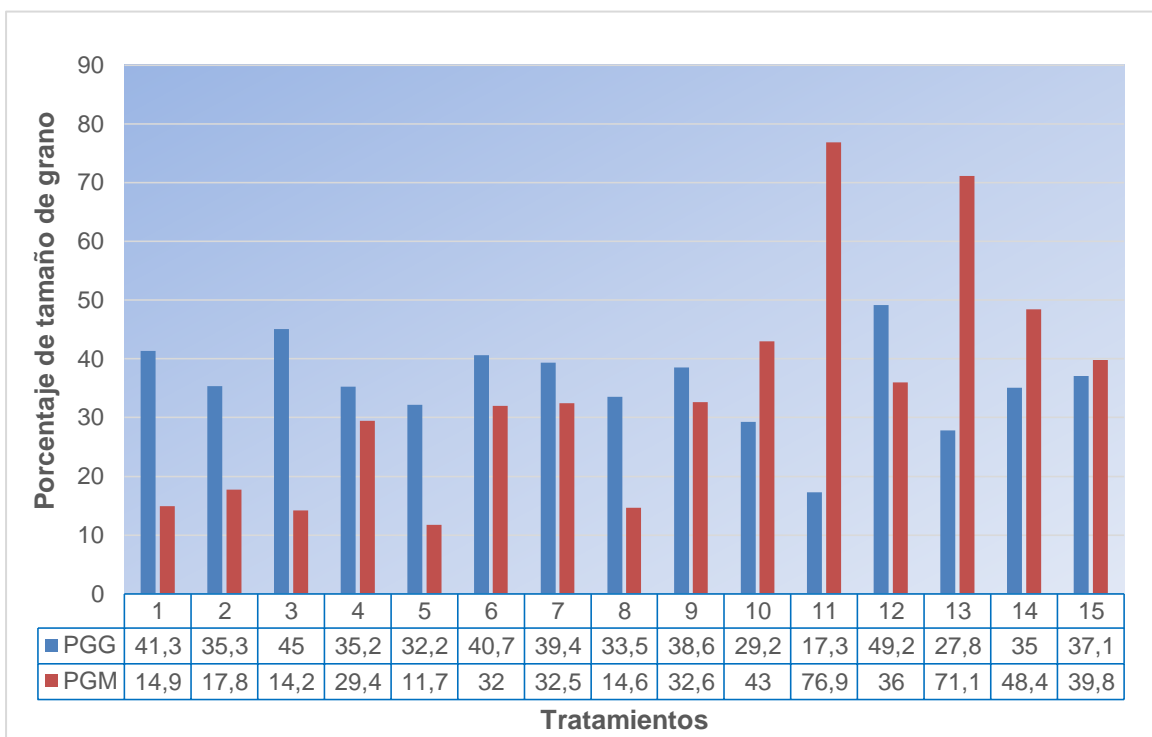


Figura 9. Porcentaje de tamaño de grano grande y grano mediano

Un aspecto importante a mejorar es la uniformidad de tamaño del grano en la panoja, actualmente en la misma panoja se encuentran hasta tres tamaños de granos variando la proporción de ellos en los diferentes genotipos; debido a la relación con la proporción de flores hermafroditas (más grandes) y flores pistiladas (más pequeñas) en la panoja (Rea 1969; Bhargava *et al.* 2007).

6.3. Peso hectolítrico y su relación al tamaño de grano

6.3.1. Peso hectolítrico para grano extra grande

El cuadro 13 presenta el análisis de varianza, para peso hectolítrico evidenciando que las diferencias son significativas en la categoría de grano extra grande entre genotipos.

El coeficiente de variación de 9,48% indica confiabilidad de los datos y el manejo del experimento.

Cuadro 13. Análisis de Varianza para peso hectolítrico de grano extra grande

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Genotipos	14	951,09	67,94	1,63	0,0126*
Error	30	1247,91	41,60		
Total	44	2199,00			
CV	9,48				

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

6.3.1.1. Comparación de medias de peso hectolítrico para grano extra grande

Las diferencias de las medias de los quince genotipos para el peso hectolítrico en tamaño de grano extra grande (≥ 2 mm), mediante la prueba de Duncan al nivel de probabilidad de 5% de significancia muestra dos grupos diferentes que se presenta en el anexos 12 en la figura 10 se observa que la línea L-6(L-17d/1/(03)) mostró superioridad estadística sobre las otras de grano extra grande con 75,07 kg/Hl respectivamente; la línea L-14 (Blanquita HB)), se identificó por obtener el menor valor con 57,93 kg/Hl.

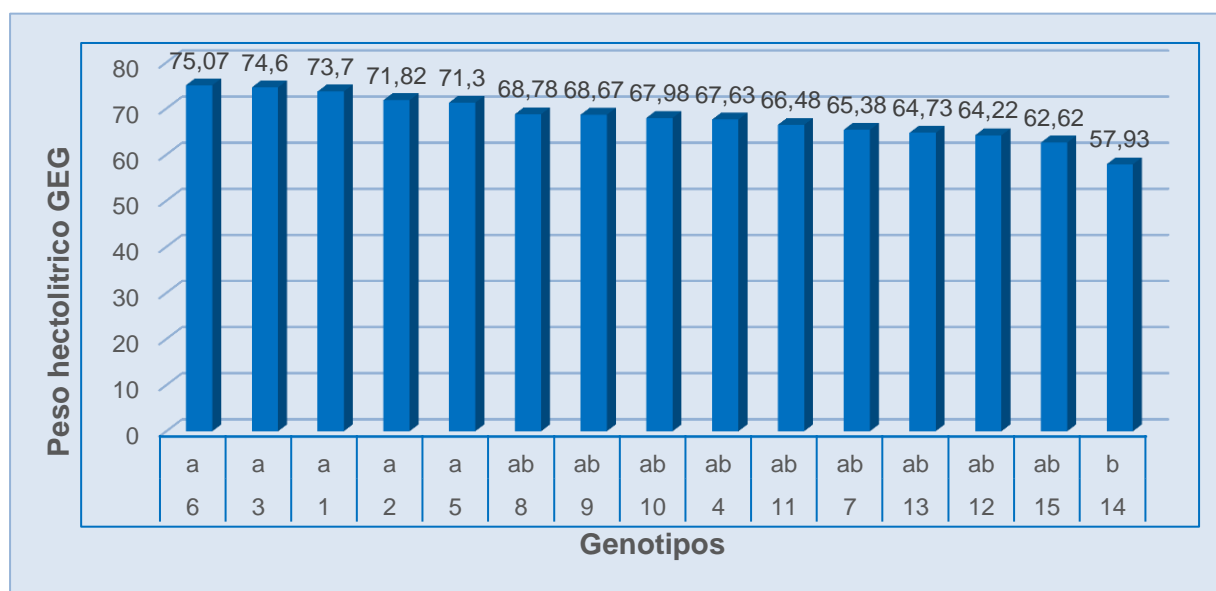


Figura 10. Peso hectolítrico de tamaño de grano extra grande

6.3.2. Peso hectolítrico para grano grande

El cuadro 14 presenta el análisis de varianza, para peso hectolítrico evidenciando qué las diferencias son significativas en la categoría de grano grande entre genotipos y no significativo entre bloques.

El coeficiente de variación de 8,94% muestra la confiabilidad de los datos y el manejo del experimento

Cuadro 14. Análisis de varianza para peso hectolítrico de grano grande

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Genotipos	14	859,21	61,37	1,56	0,0151*
Error	30	1183,79	39,46		
Total	44	2043,00			
CV		8,94			

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

6.3.2.1. Comparación de medias para peso hectolítrico de grano grande

Las diferencia de las medias de los quince genotipos para el peso hectolítrico en tamaño de grano grande ($\geq 1,5$ mm), mediante la prueba de Duncan al nivel de probabilidad de 5% de significancia muestra dos grupos diferentes que se presenta en el anexos 13. En la figura 11 se observa que la línea L-5 (L-17c/2/ (03))la cual muestra superioridad estadísticamente sobre las otras de tamaño de grano grande 76,25 kg/Hl respectivamente; la línea L14 (Blanquita HB)), se diferenció por obtener el menor valor con 62,30 kg/Hl.

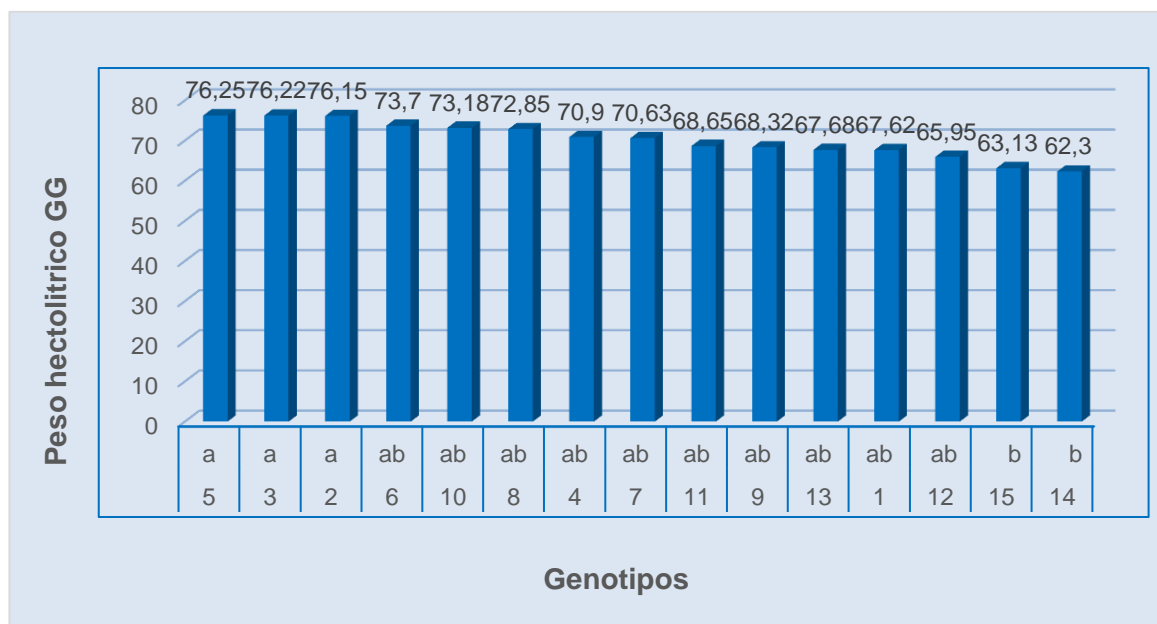


Figura 11. Peso hectolítico de tamaño de grano grande

6.3.3. Peso hectolítico para grano mediano

El cuadro 13 presenta el análisis de varianza, para peso hectolítico evidenciando que las diferencias entre genotipos son significativas en la categoría de grano mediano.

El coeficiente de variación de 8,07% representa confiabilidad de los datos y el manejo del experimento

Cuadro 15. Análisis de Varianza para peso hectolítico de grano mediano

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Genotipos	14	453,96	32,43	1,01	0,0472*
Error	30	966,28	32,21		
Total	44	1420,24			
CV		8,07			

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

6.3.3.1. Comparación de medias para peso hectolítrico de grano mediano

Las diferencia de las medias de los quince genotipos para el peso hectolítrico en tamaño de grano, mediano (≥ 1 mm), mediante la prueba de Duncan al nivel de probabilidad de 5% de visualiza dos grupos diferentes que se presenta en anexos 14. En la figura 12 se observa a la línea L-5 (L-17c/2/(03)) con 76,85 kg/Hl mostro superioridad estadísticamente sobre las otras ; la línea L12 (kurmi), se identificó por obtener el menor valor con 65,40 kg/Hl.

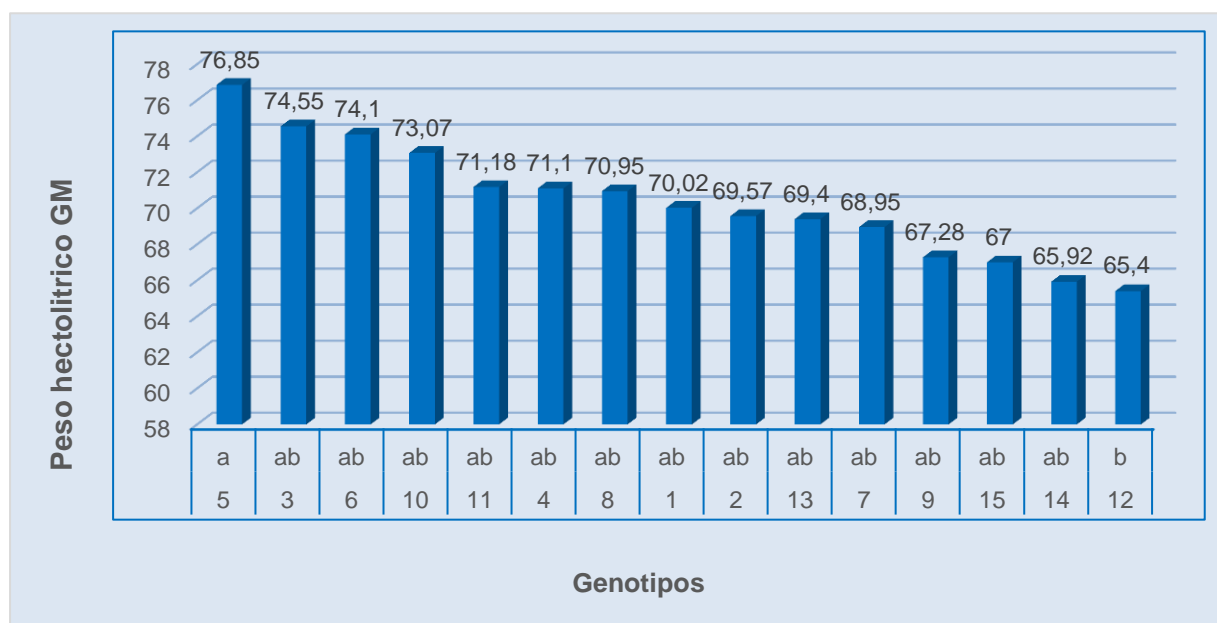


Figura 12. Peso hectolítrico de tamaño de grano mediano

6.4. Calidad de grano en relación a viabilidad de semilla

6.4.1. Porcentaje de germinación de grano extra grande a 24 horas

El cuadro 14, presenta el análisis de varianza, para categoría de grano extra grande evidenciándose que las diferencias son altamente significativas para los genotipos.

El coeficiente de variación de 4,47% indica una confiabilidad de los datos y el manejo del experimento.

Cuadro 16. Análisis de varianza para porcentaje de germinación para grano extra grande (≥ 2 mm)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Genotipos	14	5784,53	413,18	23,72	0,0001**
Error	30	520,53	17,42		
Total	44	6307,20			
CV (%)	4,47				

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

6.4.2. Porcentaje de germinación grano grande

El cuadro 15 presenta el análisis de varianza, para categoría de grano grande evidenciándose que las diferencias son altamente significativas para genotipos.

El coeficiente de variación de 4,79 % representa la confiabilidad de los datos y el manejo del experimento.

Cuadro 17. Análisis de varianza para porcentaje de germinación para grano grande ($\geq 1,5$ mm)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Genotipos	14	5049,78	360,70	18,36	0,0001**
Error	30	589,33	19,64		
Total	44	5639,11			
CV (%)	4,79				

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

6.4.3. Porcentaje de germinación grano mediano

El cuadro 16 presenta el análisis de varianza, para categoría de grano mediano donde se evidencia que las diferencias son altamente significativas en la fuente de variación genotipos.

El coeficiente de variación de 6,96% refleja la confiabilidad de los datos y el manejo del experimento.

Cuadro 18. Análisis de varianza para porcentaje de germinación para grano mediano ($\geq 1\text{mm}$)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Genotipos	14	6839,64	488,55	12,35	0,0001 **
Error	30	1186,67	39,56		
Total	44	8026,31			
CV (%)	6,96				

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

La figura 13 muestra el porcentaje de germinación de las diferentes categorías de grano a las 24 horas, destacándose dos aspectos muy interesantes: 1) altos porcentajes de germinación (superiores al 82%) a las 24 horas 2) porcentajes bajos de germinación de 46 al 54 % en la línea once (A-3) a las 24 horas y 3) altos porcentajes de germinación acumulada a las 24 horas. De lo anterior se deduce que la línea once (A-3) está integrada por semilla con relativa dormancia frente a otras, puesto que la germinación a 48 horas alcanza valores superiores al 82% en las 14 líneas.

La clasificación en tamaño de grano tiene influencia en el porcentaje de germinación en las primeras 24, lo que implica en el tiempo de germinación, cuanto más rápido la germinación mayores probabilidades de establecerse tiene la plántula.

Como se podrá ver, esta simple clasificación por tamaño o categoría de grano proporciona tres elementos fundamentales para la selección, mayor proporción de grano, mayor homogeneidad de grano en una muestra y menor tiempo de germinación. Estos criterios pueden ser empleados para definir en última instancia la selección de líneas por calidad de grano de consumo y para semilla. La semilla es importante en la producción comercial de grano, siendo la calidad de semilla la más importante (Bodoin, 2009). La relación del tamaño de grano con la germinación y el tiempo de germinación, no ha sido estudiado con el mayor detalle, por lo que los resultados obtenidos ofrecen pautas para continuar su estudio.

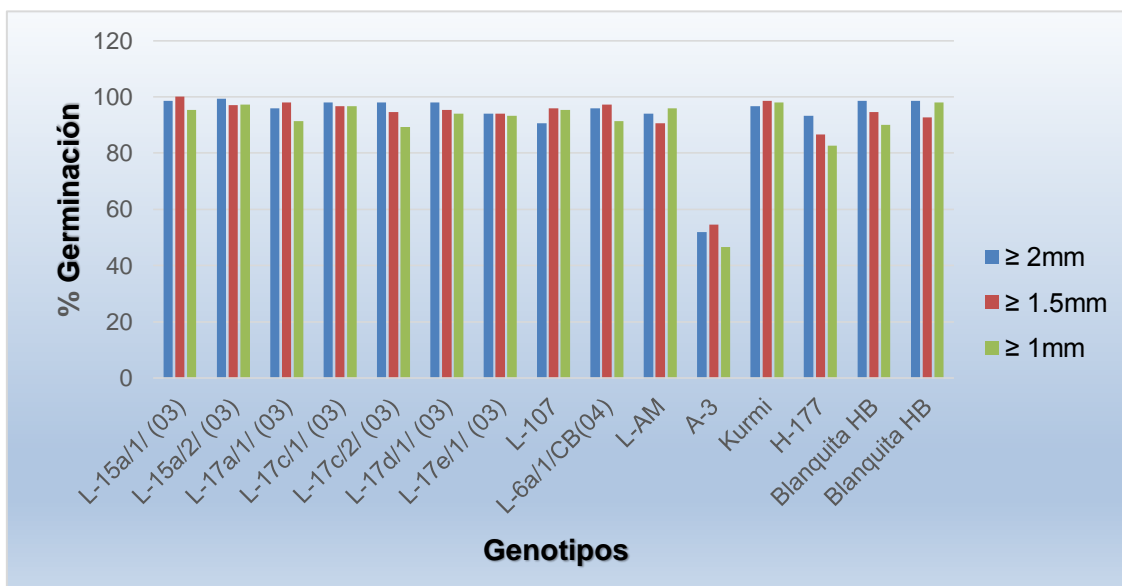


Figura 13. Porcentaje de germinación de grano extra grande, grande y mediano a las 24 horas

La prueba de Duncan (Cuadro 17) clasifica a las medias para el porcentaje de germinación en proporción al tamaño de grano, formando tres grupos para grano extra grande, cuatro grupos para grano grande y tres grupos para el grano mediano.

Según la prueba de medias, se destaca la línea dos (99,33%) con alto porcentaje de germinación en la categoría de grano extra grande, la línea uno con 100% de germinación en la categoría de grano grande, y la línea doce con un 98% de germinación para grano mediano.

Para categoría de grano extra grande, grande, mediano con valores bajos para porcentaje de germinación, la línea once con un 52%; 54,67% y 46,67%.

Cuadro 19. Comparación múltiple Duncan para el porcentaje de germinación a las 24 horas por tamaño de grano

Líneas	≥2mm	Duncan	Líneas	≥1,5mm	Duncan	Líneas	≥ 1mm	Duncan
2	99,33	a	1	100	a	12	98	A
1	98,67	ab	12	98,67	ab	15	98	A
14	98,67	ab	3	98	ab	2	97,33	A
15	98,67	ab	9	97,33	ab	4	96,67	A
4	98	ab	2	97	ab	10	96	A
5	98	ab	4	96,67	ab	1	95,33	A
6	98	ab	8	96	ab	8	95,33	A
12	96,67	ab	6	95,33	ab	6	94	Ab
3	96	ab	5	94,67	abc	7	93,33	Ab
9	96	ab	14	94,67	abc	3	91,33	Ab
7	94	ab	7	94	abc	9	91,33	Ab
10	94	ab	15	92,67	abc	14	90	Ab
13	93,33	ab	10	90,67	bc	5	89,33	Ab
8	90,67	b	13	86,67	c	13	82,67	B
11	52	c	11	54,67	d	11	46,67	C

6.5. Laminado de quinua

6.5.1. Proporción de hojuelas

El análisis de varianza para hojuela de quinua cuadro 20, indica que existen diferencias altamente significativas para las líneas evaluadas, con un coeficiente de variación de 4,19% que se encuentra dentro del rango aceptable para trabajos en laboratorio.

Cuadro 20. Análisis de varianza para porcentaje de hojuelas

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Genotipos	14	2683,65	191,69	14,58	0,0001**
Error	45	591,67	13,15		
Total	59	3275,32			
CV		4,19			

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

La diferencia de las medias de los quince genotipos para proporción de hojuelas, mediante la prueba de Duncan al nivel de probabilidad de 5% de significancia muestra tres grupos diferentes que se presenta en el anexos 15. En la figura 14 se observa que la línea L2 (L-15a/2/ (03)) expreso superioridad estadística sobre las otras con hojuelas de 94.93%; la línea L6 (L-17d/1/ (3), se identificó por obtener el menor porcentaje de hojuelas con 76,80%.

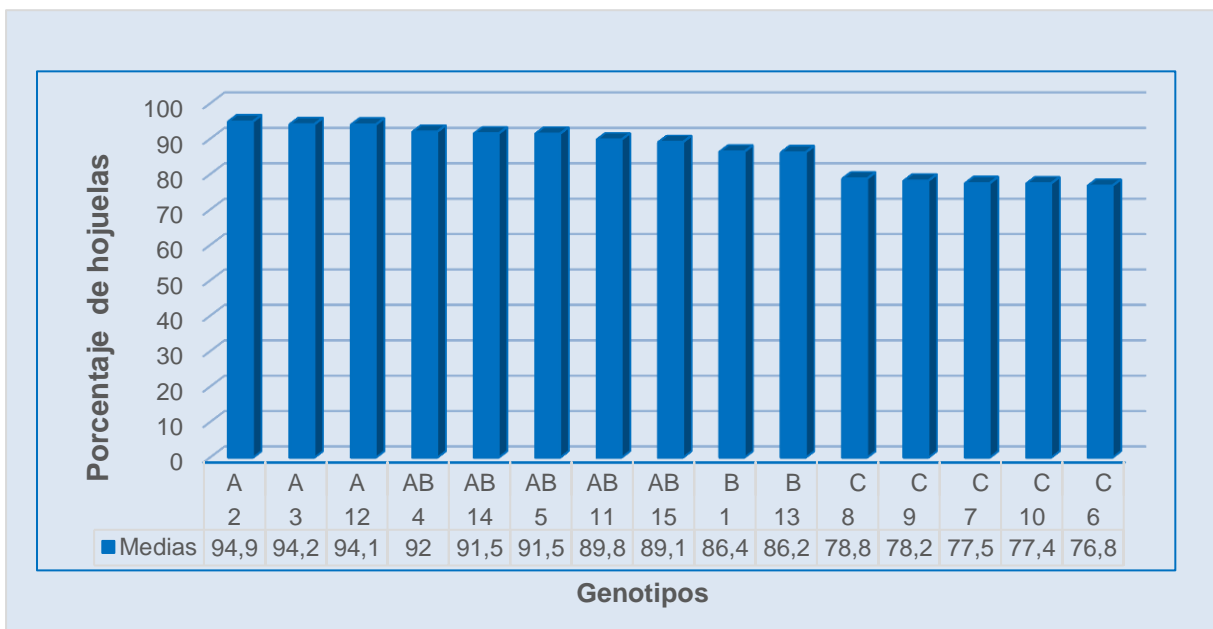


Figura 14. Comparación de medias para porcentaje de hojuela

Esta variable permite evaluar si la línea es o no apta para su transformación y aprovechamiento en hojuela. En base a los resultados, podemos concluir que la línea dos (L-15a/2/ (03)), línea tres (L-17a/1/ (03)), línea doce (Kurmi) son más aptas para elaborar hojuela por obtener mayor porcentaje de hojuela.

6.5.2. Porcentaje de sémola presente en hojuelas

El análisis de varianza del cuadro 21 indica que existen diferencias altamente significativas para líneas, en proporción de sémola presente en hojuelas, con un coeficiente de variación de 27,32%.

Cuadro 21. Análisis de varianza para porcentaje de sémola presente en hojuelas

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P
Genotipos	14	2685,59	191,83	14,36	0,0001**
Error	45	601,29	13,36		
Total	59	3286,88			
CV	27,32				

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

La diferencia de medias de los quince genotipos para proporción de sémola, mediante la prueba de Duncan al nivel de probabilidad de 5% de significancia muestra tres grupos diferentes que se presenta en el anexo 16. En la figura 15 se observa que la línea L2 (L-15a/2/(03)), registro superioridad estadística sobre las otras por obtener menor proporción de sémola 5.08 g, lo cual demuestra que esta línea es buena para transformar el grano de quinua en hojuela ya que no presenta mucha pérdida en harina o sémola. La línea L6 (L-17d/1/ (03)), se identificó por obtener mayor proporción de sémola 23,20 g en otras palabras el genotipo que presente menor porcentaje de sémola es el más adecuado para este proceso agroindustrial ya que se aprovecha con mucha eficiencia las láminas de quinua.

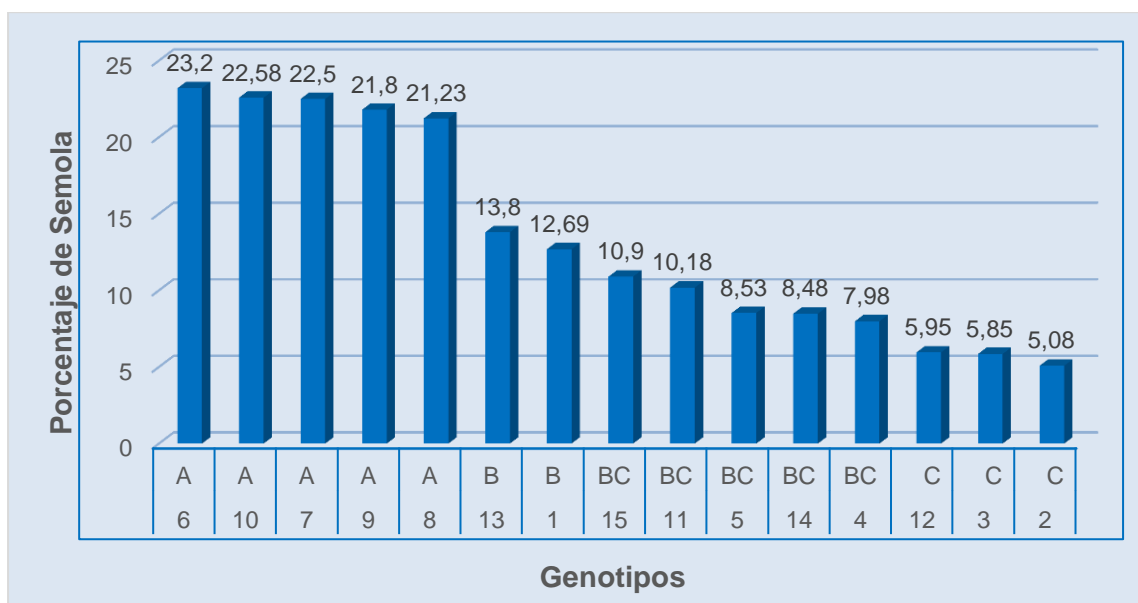


Figura 15. Comparación de medias para porcentaje de sémola

6.5.3. Diámetro de hojuela

El análisis de varianza para esta variable se presenta en el cuadro 22, con diferencias altamente significativas para genotipos con un coeficiente de variación de 4,16%.

Cuadro 22. Análisis de varianza para diámetro de hojuelas en líneas de quinua blanca

Fuente de Variación	GL	SC	CM	FC	P
tratamientos	14	5,37	0,38	6,76	<0,0001**
Error	30	1,70	0,06		
Total	44	7,07			
CV	4,16				

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

Las diferencias de medias de los quince genotipos para diámetro de hojuela, mediante la prueba de Duncan probabilidad de 5% de significancia muestra cuatro grupos diferentes que se presenta en el anexo 16 en la figura 16 se observa que la línea tres (L-17a/1/ (03)) mostro superioridad estadísticamente sobre las otras por obtener mayor diámetro de hojuela 6,3 mm, respectivamente; la línea ocho (L-107), se identificó por obtener menor diámetro de hojuela 5,35 mm.

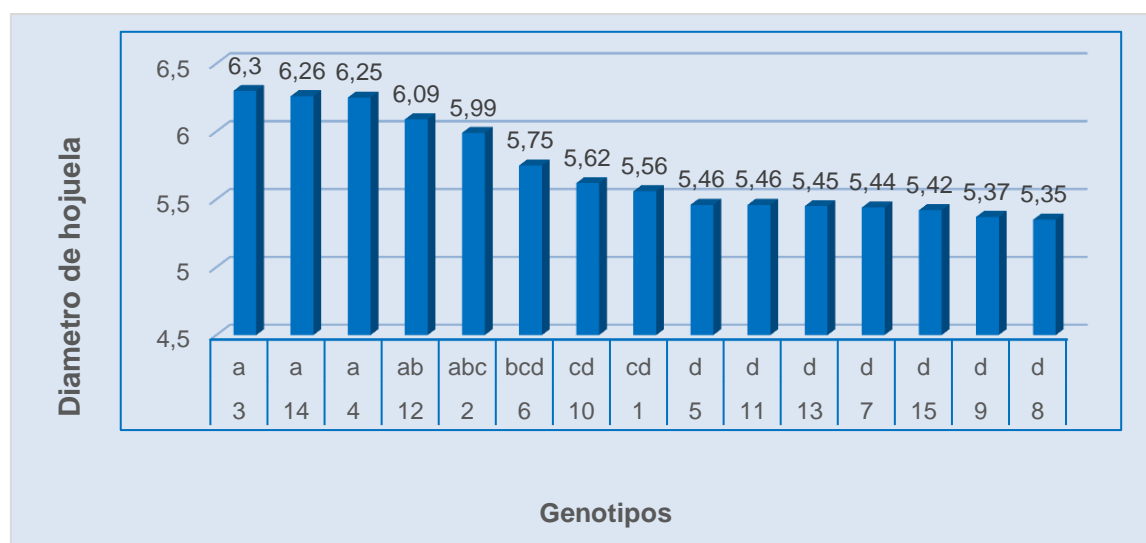


Figura 16. Comparación de medias para diámetro de hojuela en 15 genotipos de quinua

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

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

Los genotipos con mejores características fueron la línea L10 con una altura de 148,6 cm, seguido por las líneas L7 y L13 con una altura de 148,1 y 146,8 cm respectivamente. En tamaño de panoja, el mayor promedio de panoja correspondió a la línea L7 con 6,49 cm; mayor longitud de panoja a la línea L13 con 28,17cm. La línea 8 (L-107) es la que obtuvo mayor índice de cosecha con 0,44.

Las líneas 13 (H-177), L9 (L-6a/1/CB (04)), L4 (L-17c/1/ (03)) y L8 (L-107) registraron los mayores rendimientos en grano con 3241, 3167, 3119, 2950 kg/ha respectivamente, lo cual muestra que estas líneas deben ser tomadas en cuenta en la zona.

Para el porcentaje de tamaño de grano extra grande, grande y mediano mostraron superioridad estadísticamente la línea 5 (L-17 c/2/ (03)), la línea 12(Kurmi) y la línea 11(A-3) con 70,60%, 49,17% y 76.87%.

El método de clasificación del grano de quinua por calibre permite categorizar el producto según su tamaño que en caso de la quinua perlada es un criterio de calidad comercial, en ese sentido, el calibrador de grano puede ser una opción práctica para definir la calidad de quinua.

En peso hectolitrico para grano extra grande, se destacó la línea 6 (L-17d/1/(03)) con 75,07 kg/Hl; para grano grande y mediano mostro superioridad la línea 5 (L-17c/2/(03)), con 76,25 kg/Hl y 76,85 kg/Hl respectivamente. Este factor de calidad está influenciado por la uniformidad, forma, densidad y tamaño de granos.

El porcentaje de germinación de las diferentes categorías de grano es diferente para las líneas, además en cada categoría el porcentaje de germinación varia y es más aceptable a las 24 horas de prueba.

Las diferencias observadas en porcentaje de grano por tamaño, el porcentaje de germinación y el tiempo de germinación ofrecen pautas para incorporar dichos criterios en la selección y proceso de mejoramiento de la quinua.

Aquellas líneas con mejor porcentaje de láminas enteras fue evidenciada para la línea dos (L-15a/2/ (03)), línea tres (L-17a/1/ (03)) y línea doce (Kurmi) que superaron el 94% de hojuelas enteras.

7.2. Recomendaciones

Emplear en investigaciones futuras las líneas en las que se obtuvo buenas cualidades agronómicas como rendimiento, tamaño de grano, etc.; con el propósito de obtener nuevas y mejores variedades.

Para la obtención de hojuelas, lo más importante es el acondicionamiento de la humedad del grano, puesto que esto influye en el rendimiento de las hojuelas, además se debe tener en cuenta la dureza de los granos, porque esto puede ocasionar una saturación en la fuente de alimentación y suspender el proceso por averías en la máquina, por ello es importante que constantemente se esté regulando los rodillos.

Se sugiere estudiar con más detalle la influencia del tamaño de grano en el porcentaje y tiempo de germinación.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ANAPQUI, 2001. "Alimento nutritivo de los Andes para el Mundo". Asociación Nacional de Productores de Quinoa. La Paz, Bolivia.
- APAZA V, D RODRÍGUEZ, A MUJICA, A Cañahua y S Jacobsen 2006. Producción de Quinoa de Calidad, Estación Experimental Ipa– Puno - Perú, 16 p.
- ARTEAGA G, Y. 2003. Diseños experimentales, Universidad Mayor De San Andres. Facultad de Agronomía La Paz Bolivia, 80p.
- ARONI J C, M CAYOJA Y M LAIME 2009, Situación Actual al 2008 de la Quinoa Real en el Altiplano Sur de Bolivia, Fundación FAUTAPO, 180 p.
- ARONI, J.C., G. ARONI, R. QUISPE Y A. BONIFACIO. 2003. Catálogo de Quinoa Real. Fundación PROIMPA. 51 p.
- ARONI, JC. 2005. Fascículo 5 – Cosecha y pos cosecha. In: PROIMPA y
- BARNETT, A 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de tres variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. UNALM, Lima – Perú.
- BERTERO HD & RA RUIZ 2010. Reproductive partitioning in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. Field Crops Research 118: 94–101.
- BONIFACIO, A. 2008. Investigación en Fito mejoramiento, liberación de variedades y Producción de semilla de quinoa. Fundación PROIMPA. La Paz, Bolivia. Consultado el 12 de febrero de 2015. Disponible en: <http://semillas.org/cadenas/quinoa/Variedades%20y%20produccion%20de%20semilla%20nov%202005%201.pdf>
- BONIFACIO, A., y VARGAS, A., 2005. Variedad de Quinoa “Kurmi”. Ficha técnica N° 12 - 2005. Fundación PROINPA. Fundación Mc Knight. Institute Benson.

- Brigham Young University. La Paz – Bolivia. Consultado el 20 de mayo de 2015. Disponible en: <http://www.proinpa.org>
- BONIFACIO A, VARGAS A y ARONI G (2003). Variedad de quinua Hacha grano. MACIA-PREDUZA-McKNIGHTUMSA. La Paz, Bolivia, Ficha Técnica Nro. 6.
- BONIFACIO A., 1997. Mejoramiento de la quinua para resistencia a factores adversos en Bolivia. In Danial D., ed. Primer Taller de PREDUZCA en resistencia duradera en cultivos altos en la zona Andina. Quito: Proyecto de resistencia duradera en la Zona Andina (PREDUZCA),75-78.
- BONIFACIO, A, ESPINDOLA, G. 1992 Catálogo de variedades Mejoradas de Quinua y Recomendación para producción y uso de Semilla Certificadas. Publicación conjunta IBTA/Dirección Nacional de Semilla. La Paz – Bolivia. 57-60 pp.
- BONIFACIO, A, ARONI G, 2012. Catalogo Etnobotanico de la Quinua Real. Fundación PROINPA. Bolivia, Cochabamba. 123 p.
- BODOIN A. 2009. Evaluación y perspectivas del Mercado de semilla certificada de quinua en la región del Salar de Uyuni en el altiplano Surde Bolivia. IRD, CNRS, SIAFEE, CIRAD-UR-GREEN.36 p.
- CARDENAS, M. 1944. Descripción preliminar de las variedades de *Chenopodium quinoa* de Bolivia. Revista de Agricultura. Universidad Mayor San Simón de Cochabamba (Bol.) Vol. 2, No. 2, pp 13-26.
- CARCOVA, J ALBEDO, LG; Abeledol, LG; Lopez, L Pereira., M.2004. Análisis de la generación del crecimiento, partición y componentes. InSatoIrrre, EH; Arnold, RLB;Slafer,GA; Fuente ,EB de la ;miralles, DJ;Otegui, ME; Savin,R. Produccion de granos, bases funcionales para du manejo. Buenos Aires, AR.783pp.
- CARREÑO H, 2002 Texto de Agricultura General. Oruro, Bolivia. pp. 64 - 65.

- CAMACHO, S., 2009. Manual Técnico “Cultivo de Quinoa Orgánica” (en línea). Consultado 10 Noviembre 2014. Disponible en:<http://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/16/13709772665610/manual-tecnico-cultivo-de-quinoa-organica.pdf>
- CHAVEZ, J.L 1995. Mejoramiento de plantas 1. Trillas México S.A. de C.V. 2da edición. 136 p.
- CHAVEZ, J.L 1993. Mejoramiento de plantas 2. Método específico de plantas alógamas. Trillas México. 25-30 pp.
- CHUNGARA, A. 2000. Evaluación y selección para tolerancia a la sequía de 60 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del germoplasma de la zona andina. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Oruro, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Oruro, Bolivia. 112 p.
- DEL CASTILLO, C. BOSQUE, H. Y BONIFACIO, A. (Coord. Ed.) ,2013. Manual Técnico Producción de la Quinoa en el Altiplano. Documento técnico final en conmemoración al año Internacional de la Quinoa. Facultad de Agronomía-La Paz, Bolivia. 69 p.
- ESPINDOLA, G. 1998. Estudio de componentes directos e indirectos del rendimiento en quinua (*Chenopodium Quínoa* Willd.). tesis Lic. Ing. Agro. Cochabamba, BOL. UMSS LLL. pp. 91.
- ESPÍNDOLA, G. 1995. Mejoramiento del cultivo de la quinua. En: Memorias del seminario sobre investigación, producción y comercialización de la quinua. Estación Experimental Patacamaya. 1994. Yeris Peric. La Paz – Bolivia. p: 16-24.
- DIZES, J. Y A. BONIFACIO. 1992. Estudio en microscopía electrónica de la morfología de los órganos de la quínoa (*Chenopodium quinoa* W.) y de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* A.) en relación con la resistencia a la

- sequía. In: D. Morales y J. Vacher (eds.). Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia. 4-8 de julio de 1991. pp 69-74.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación), 2001, Cultivos Andinos: Ancestral Cultivo Andino, Alimento del presente y futuro, Eds A Mujica;SE Jacobsen; J Izquierdo; JP Marathe, Santiago CL.(Disponible en CD-ROMM).
- FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, (2012)) Quinoa y Granos Ancestrales serán productos estelares en la dieta andina para combatir la desnutrición infantil. Oficina Regional para América Latina y Caribe. Consultado 13 julio 2015 Disponible:<http://www.rlcfao.org/es/países/perunoticias/quinuagranosancestrales-será-productos-estelares-en-la-dieta-andina-paracombatir-desnutrición-infantil/>.
- 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. 58 p.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación), XXX Quinoa Operaciones de poscosecha, Compendio de Poscosecha, 14 p.
- FINNEY, D. 1993. Introducción a la ciencia de la estadística en la agricultura; Barreda y Zea Universidad Nacional del Altiplano – Puno. 301 p.
- GALLARDO, M.; PRADO, F. Y GONZALES, J. 1997.Efecto del CINa sobre el contenido de betalainas en *Chenopodium quinoa* Willd. En: XXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Actas. 20-21 marzo. Mendoza, Argentina. pp. 284-285.

- GANDARILLAS, H., y BONIFACIO, A. 1991. Herencia de tiempo de madurez, altura de planta y tamaño del grano en la quinua. En: Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. Morales, D. y Vacher, J. (eds). La Paz – Bolivia. p: 3-10.
- GANDARILLAS H., 1982. El cultivo de la quinua, MACA-IBTA. CIID. La Paz - Bolivia, 13,45 pp.
- GANDARILLAS, H., 1968. Caracteres botánicos más importantes para la clasificación de la quinua. In: Universidad Nacional Técnica del Altiplano (ed). Anales de la Primera convención de Quenopodiáceas quinua - cañahua. Puno, Perú. pp 41-49.
- GANDARILLAS H, 1979 Botánica. En: Cultivos andinos, la quinua y la kañiwa. IICA/IICA, Tapia, M. ed. Bogotá, Colombia pp. 20 - 33.
- IBTA - CRS LP (1993) Producción y uso de semilla certificada de quinua. Boletín N° 1. La Paz, Bolivia. 37 p.
- IBTA/DNS, 1996. Catálogo de variedades mejorada de quinua y recomendaciones para producción y uso de semilla certificada. Secretaría Nacional de Agricultura y Ganadería, La Paz, Bolivia. Boletín No.
- IBNORCA, 2007. Granos Andinos – Quinua en grano – Clasificación y requisitos. NB 312004. Norma Boliviana. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad – IBNORCA. Julio, 2007.
- LESCANO, R. J., 1994. Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos, Quinua, Kañiwa, Tarwi, Kiwicha, Papa amarga, Olluco, Mashua y Oca. Programa Internacional de Waru.Waru. INADE/PELT/COTESU. Puno – Perú. 38 p.

LÓPEZ V., 2000. Aspectos Cualitativos en la producción de quinua por efecto de métodos y épocas de corte Loc.IrpaniProv.L. Cabrera Dpto. Oruro. Tesis Lic. Ing. Agr. Potosi, BO.UATF.p.89.

MDRyT-INIAF, 2013. Norma específica para la certificación de semilla de quinua *Chenopodium quinoa* Willd. Proyecto Semillas Andinas INIAF-AECID-FAO, La Paz, Bolivia. 4p.

ORS(Oficina Regional De Semillas, BO).2001 Usemos semilla de buena calidad.Eds.ORS-Potosi, BO.PNS. Ministerio de agricultura, Ganadería y desarrollo Rural.p.8.

MUJICA A, IZQUIERDO J, MARATHE JP (2004) Quinoa Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Origen y distribución de la Quinoa. Cap. I Santiago, Chile pp. 1 – 24.

MUJICA A; SE JACOBSEN; J IZQUIERDO & JP MARATHEE(2001). Resultados de la Prueba Americana y Europea de la Quinoa. FAO, UNA-Puno, CIP, 51p.

MUJICA, A; CAÑAHUA, A ,2001. Características fenológicas del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).En curso taller de fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Memoria. Puno, PE.pp.22-27.

MUJICA A, R ORTÍZ, A BONIFACIO, R SARAVIA, G CORREDOR, A ROMERO & S-E JACOBSEN (2006).Agroindustria de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los países andinos. Proyecto Quinoa: Cultivo multipropósito para los países andinos Perú-Bolivia-Colombia, PNUD-CONCYTEC-UNA-PROINPA-U. Colombia. Puno, Perú. 113 p.

MUJICA, A. 1992. Granos y leguminosas andinas, In: J. Hernandez, J. Bermejo y J. León (eds). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de

- las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp129-146.
- ORS (Oficina Regional De Semillas,BO).2001 Usemos semilla de buena calidad.Eds.ORS-Potosi, BO.PNS. Ministerio de agricultura, Ganadería y desarrollo Rural.8p.
- ROA NK et al., 2007. Manual para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma. Bioersity International Via del Tre Denari 472a, 00057 Maccarese. Roma, Italia.
- ROJAS, W. Y M. PINTO, 2013. La diversidad genética de quinua de Bolivia. En: Vargas, M. (Editor. 2013). Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia. pp 77 - 92.
- ROJAS, W., 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis de Magister en Ciencias Vegetales. Escuela de graduados. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. p: 209.
- ROJAS, W., 2001. Monitoreo de la viabilidad de semillas del germoplasma de quinua. En: Informe Final 2000/2001. Proyecto “Conservación y manejo de la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quinua”. PPD/PNUD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 3-7.
- ROJAS, W., 2003 Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. Food Reviews International. Vol. 19 (1-2), 9-23.
- RODRIGUEZ, JP.2005. El papel del tamaño de grano de semilla de quinua (Chenopodium Quínoa Willd), en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente diferentes profundidades de siembra. Tesis de Ing.Agr.La Paz, BO.UMSA.p.145.

SEVIN , R;SORLINO, D.,.2004.Calidad de los granos y estimadores más comunes .In Satorre , EH;Arnold, BRL;Slafer,GA;Fuente,EB de la ;Milralles,DJ;Ortegui,ME;Savin,R .Produccion de granos, bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, AR.FAUBApp.28-29.

TAPIA, M. y ARONI, G., 2001. Tecnología del cultivo de quinua. En: Quinoa Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y futuro. Chile - Santiago. p: 22-25.

TAPIA, M. 1979 La quinua y la Kañahua. Cultivos Andinos CIID/IIA Oficina Regional para América Latina. Serie de Libros y materiales educativos, N°40. Bogotá, Colombia pp. 11-19.

TAPIA, M., 1990. Cultivos Andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA – FAO, Oficina para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.

ANEXOS

Anexo 1. Promedios de variables cuantitativas en la cosecha

Tratamientos	Genotipos	Altura de planta	Diametro de panoja	longitud de panoja	indice de cosecha	rendimiento
1	L-15a/1/ (03)	140,4	4,63	19,83	0,35	2913
2	L-15a/2/ (03)	140,7	4,53	21,53	0,39	2409
3	L-17a/1/ (03)	132,1	5,1	23,67	0,34	1885
4	L-17c/1/ (03)	130,6	5,43	21,37	0,36	3119
5	L-17c/2/ (03)	130,1	4,73	20,4	0,39	2412
6	L-17d/1/ (03)	129,1	4,9	19,6	0,43	2623
7	L-17e/1/ (03)	148,1	6,49	27,57	0,38	2836
8	L-107	126	6,26	25,47	0,44	2950
9	L-6a/1/CB(04)	139,7	5,13	19,83	0,38	3167
10	L-AM	144,4	5,5	17,33	0,33	2585
11	A-3	144,4	5,9	22,63	0,28	1459
12	Kurmi	132,1	4,33	17,5	0,36	2304
13	H-177	146,8	6,17	28,17	0,42	3241
14	Blanquita HB	126,2	5,23	23,67	0,41	2569
15	Blanquita HB	138,4	5,31	24,33	0,37	2198

Anexo 2. Promedios de variables relacionadas con la calidad de grano

Genotipo	Calibre de grano por tamaño			Peso hectolitrico			Germinación		
	extra grande	Grande	Mediano	extra grande	grande	mediano	extra grande	grande	mediano
L-15a/1/ (03)	60,17	41,3	14,93	73,70	67,62	70,02	98,67	100	95,33
L-15a/2/ (03)	68,2	35,32	17,77	71	76,15	69,57	99,33	96,67	97,33
L-17a/1/ (03)	59,77	45,03	14,24	69,33	76,22	74,55	96	98	91,33
L-17c/1/ (03)	53,27	35,22	29,44	69,33	70,90	70,10	98	96,67	96,67
L-17c/2/ (03)	70,6	32,2	11,73	68	76,25	76,85	98	94,67	89,33
L-17d/1/ (03)	45,84	40,66	31,97	69,33	73,70	74,10	98	95,33	94
L-17e/1/ (03)	41,7	39,37	32,47	67,67	70,63	68,95	94	94	93,33
L-107	66,97	33,52	14,62	67,33	72,85	70,95	90,67	96	95,33
L-6a/1/CB(04)	41,27	38,57	32,61	66	68,32	67,28	96	97,33	91,33
L-AM	39,43	29,23	42,97	67	73,18	73,07	94	90,67	96
A-3	30,43	17,3	76,87	72,1	68,65	71,18	52	54,67	46,67
Kurmi	28,26	49,17	36	67,2	65,95	65,40	96,67	98,67	98
H-177	15,7	27,83	71,13	64,07	67,68	69,40	93,33	86,67	82,67
Blanquita HB	25,52	35,04	48,38	61,72	62,30	65,92	98,67	94,67	90
Blanquita HB	34,53	37,11	39,77	69,32	63,13	67	98,67	92,67	98

Anexo 3. Promedios de datos para laminado de quinua.

tratamientos	Genotipos	hojuela	sémola	diámetro de hojuela
1	L-15a/1/ (03)	86,39	12,69	5,56
2	L-15a/2/ (03)	94,93	5,08	5,99
3	L-17a/1/ (03)	94,15	5,85	6,30
4	L-17c/1/ (03)	92,03	7,98	6,25
5	L-17c/2/ (03)	91,48	8,53	5,46
6	L-17d/1/ (03)	76,8	23,2	5,75
7	L-17e/1/ (03)	77,5	22,5	5,44
8	L-107	78,78	21,23	5,35
9	L-6a/1/CB(04)	78,2	21,8	5,37
10	L-AM	77,43	22,58	5,62
11	A-3	89,83	10,18	5,46
12	Kurmi	94,05	5,95	6,09
13	H-177	86,2	13,8	5,45
14	Blanquita HB	91,5	8,48	6,26
15	Blanquita HB	89,1	10,9	5,42

Anexo 4. Comparación múltiple Duncan para la altura de planta

Tratamiento	Genotipo	Promedio	Sd	Duncan
10	L-AM	149,6	0,6	a
7	L-17e/1/(03)	148,1	0,1	ab
13	H-177	146,8	0,8	ab
11	A-3	144,4	0,4	abc
10	L-AM	144,4	0,4	Abc
2	L-15a/2/(03)	140,7	0,7	Abc
1	L-15a/1/(03)	140,4	0,4	Abc
9	L6a/1/CB(04)	139,7	0,7	Abc
15	Blanquita HB	138,4	0,4	Abc
3	L-17a/1/ (03)	132,1	0,1	Abc
12	Kurmi	132,1	0,1	Abc
4	L-17c/1/ (03)	130,6	0,6	Abc
5	L-17c/2/ (03)	130,1	0,1	Abc
6	L-17d/1/ (03)	129,1	0,1	Bc
14	Blanquita HB	126,2	0,2	C
8	L-107	126,0	0,0	C

Anexo 5. Comparación múltiple Duncan para el diámetro de panoja

Tratamientos	Genotipo	Promedio	Sd	Duncan
7	L-17e/1/ (03)	6,493	0,493	a
8	L-107	6,260	0,260	ab
13	H-177	6,167	0,167	abc
11	A-3	5,900	0,900	abcd
10	L-AM	5,500	0,500	abcde
4	L-17c/1/ (03)	5,433	0,433	abcde
15	Blanquita HB	5,313	0,313	abcde
14	Blanquita HB	5,227	0,227	abcde
9	L-6a/1/CB(04)	5,133	0,133	abcde
3	L-17a/1/ (03)	5,100	0,100	abcde
6	L-17d/1/ (03)	4,900	0,900	bcde
5	L-17c/2/ (03)	4,733	0,733	cde
1	L-15a/1/ (03)	4,633	0,633	de
2	L-15a/2/ (03)	4,533	0,533	de
12	Kurmi	4,333	0,333	e

Anexo 6. Comparación múltiple Duncan para la longitud de panoja

Tratamientos	Genotipos	Promedio	Sd	Duncan
13	H-177	28,17	0,17	a
7	L-17e/1/ (03)	27,57	0,57	a
8	L-107	25,47	0,47	ab
15	Blanquita HB	24,33	0,33	abc
14	Blanquita HB	23,67	0,67	abc
3	L-17a/1/ (03)	23,67	0,67	abc
11	A-3	22,63	0,63	abc
2	L-15a/2/ (03)	21,53	0,53	abc
4	L-17c/1/ (03)	21,37	0,37	abc
5	L-17c/2/ (03)	20,40	0,40	bc
1	L-15a/1/ (03)	19,83	0,83	bc
9	L-6a/1/CB(04)	19,83	0,83	bc
6	L-17d/1/ (03)	19,60	0,60	bc
12	Kurmi	17,50	0,50	c
10	L-AM	17,33	0,33	c

Anexo 7. Comparación múltiple Duncan para índice de cosecha

Tratamientos	genotipos	Promedio	Duncan
8	L-107	0,4375	a
6	L-17d/1/ (03)	0,4275	ab
13	H-177	0,4178	ab
14	Blanquita HB	0,4051	abc
5	L-17c/2/ (03)	0,3965	abc
2	L-15a/2/ (03)	0,3929	abc
9	L-6a/1/CB(04)	0,3813	abc
7	L-17e/1/ (03)	0,3789	abc
15	Blanquita HB	0,3697	abc
4	L-17c/1/ (03)	0,3661	abc
12	Kurmi	0,3650	abc
1	L-15a/1/ (03)	0,3538	abc
3	L-17a/1/ (03)	0,3381	bc
10	L-AM	0,3377	bc
11	A-3	0,2854	c

Anexo 8. Comparación múltiple Duncan para el rendimiento total de grano (kg ha-1).

Tratamientos	Genotipos	Rdto	Duncan
13	H-177	3241	a
9	L-6a/1/CB(04)	3167	ab
4	L-17c/1/ (03)	3119	ab
8	L-107	2950	abc
1	L-15a/1/ (03)	2913	abc
7	L-17e/1/(03)	2836	abc
6	L-17d/1/ (03)	2623	abcd
10	L-AM	2585	abcd
14	Blanquita HB	2569	abcd
5	L-17c/2/ (03)	2412	abcd
2	L-15a/2/ (03)	2409	abcd
12	Kurmi	2304	bcd
15	Blanquita HB	2198	cde
3	L-17a/1/ (03)	1885	de
11	A-3	1459	e

Anexo 9. Comparación múltiple Duncan para tamaño de grano extra grande

Tratamientos	Genotipos	Promedio	Sd	Duncan
5	L-17c/2/ (03)	70,6	0,6	a
2	L-15a/2/ (03)	68,2	0,2	ab
8	L-107	66,97	0,97	Ab
1	L-15a/1/ (03)	60,17	0,17	abc
3	L-17a/1/ (03)	59,77	0,77	abc
4	L-17c/1/ (03)	53,27	0,27	abcd
6	L-17d/1/ (03)	45,84	0,84	bcde
7	L-17e/1/ (03)	41,7	0,7	cde
9	L-6a/1/CB(04)	41,27	0,27	cde
10	L-AM	39,43	0,43	cde
15	Blanquita HB	34,53	0,53	def
11	A-3	30,43	0,43	def
12	Kurmi	28,26	0,26	ef
14	Blanquita HB	25,52	0,52	ef
13	H-177	15,7	0,7	f

Anexo 10. Comparación múltiple Duncan para tamaño de grano grande

Tratamientos	genotipos	Promedio	Sd	Duncan
12	Kurmi	49,17	0,17	a
3	L-17a/1/ (03)	45,03	0,03	ab
1	L-15a/1/ (03)	41,3	0,3	abc
6	L-17d/1/ (03)	40,66	0,66	abc
7	L-17e/1/ (03)	39,37	0,37	abc
9	L-6a/1/CB(04)	38,57	0,57	abc
15	Blanquita HB	37,11	0,11	abc
2	L-15a/2/ (03)	35,31	0,31	abc
4	L-17c/1/ (03)	35,22	0,22	abc
14	Blanquita HB	35,04	0,04	abc
8	L-107	33,52	0,52	abc
5	L-17c/2/ (03)	32,2	0,2	bc
10	L-AM	29,23	0,23	Bcd
13	H-177	27,83	0,83	Cd
11	A-3	17,3	0,3	D

Anexo 11. Comparación múltiple Duncan para tamaño de grano mediano (≥ 1 mm)

Tratamientos	Genotipos	Promedio	Sd	Duncan
11	A-3	76,87	0,87	a
13	H-177	71,13	0,13	a
14	Blanquita HB	48,38	0,38	b
10	L-AM	42,97	0,97	bc
15	Blanquita HB	39,77	0,77	bc
12	Kurmi	36	0,0	bc
9	L-6a/1/CB(04)	32,61	0,61	bcd
7	L-17e/1/ (03)	32,46	0,46	bcde
6	L-17d/1/ (03)	31,97	0,97	bcdef
4	L-17c/1/ (03)	29,44	0,44	cdefg
2	L-15a/2/ (03)	17,77	0,77	dfgh
1	L-15a/1/ (03)	14,93	0,92	dfg
8	L-107	14,62	0,62	dfg
3	L-17a/1/ (03)	14,24	0,24	fg
5	L-17c/2/ (03)	11,73	0,72	g

Anexo 12. Comparación múltiple Duncan para peso hectolítrico de grano extra grande

Tratamientos	Genotipos	Media	Sd	Duncan
6	L-17d/1/ (03)	75,07	0,07	a
3	L-17a/1/ (03)	74,60	0,6	a
1	L-15a/1/ (03)	73,70	0,7	a
2	L-15a/2/ (03)	71,82	0,82	a
5	L-17c/2/ (03)	71,30	0,30	a
8	L-107	68,78	0,78	ab
9	L-6a/1/CB(04)	68,67	0,67	ab
10	L-AM	67,98	0,98	ab
4	L-17c/1/ (03)	67,63	0,63	ab
11	A-3	66,48	0,48	ab
7	L-17e/1/ (03)	65,38	0,38	ab
13	H-177	64,73	0,73	ab
12	Kurmi	64,22	0,22	ab
15	Blanquita HB	62,62	0,62	ab
14	Blanquita HB	57,93	0,93	b

Anexo 13. Comparación múltiple Duncan para peso hectolítrico de grano grande

Tratamientos	Genotipos	Promedio	Sd	Duncan
5	L-17c/2/ (03)	76,25	0,25	a
3	L-17a/1/ (03)	76,22	0,22	a
2	L-15a/2/ (03)	76,15	0,15	a
6	L-17d/1/ (03)	73,70	0,70	ab
10	L-AM	73,18	0,18	ab
8	L-107	72,85	0,85	ab
4	L-17c/1/ (03)	70,90	0,90	ab
7	L-17e/1/ (03)	70,63	0,63	ab
11	A-3	68,65	0,65	ab
9	L-6a/1/CB(04)	68,32	0,32	ab
13	L-AM	67,68	0,68	ab
1	L-15a/1/ (03)	67,62	0,62	ab
12	Kurmi	65,95	0,95	ab
15	Blanquita HB	63,13	0,13	b
14	Blanquita HB	62,30	0,30	b

Anexo 14. Comparación múltiple Duncan para peso hectolítrico de grano mediano

Tratamientos	Genotipos	Media	Sd	Duncan
5	L-17c/2/ (03)	76,85	0,85	a
3	L-17a/1/ (03)	74,55	0,55	ab
6	L-17d/1/ (03)	74,10	0,10	ab
10	L-AM	73,07	0,07	ab
11	A-3	71,18	0,18	ab
4	L-17c/1/ (03)	71,10	0,10	ab
8	L-107	70,95	0,95	ab
1	L-15a/1/ (03)	70,02	0,02	ab
2	L-15a/2/ (03)	69,57	0,57	ab
13	H-177	69,40	0,40	ab
7	L-17e/1/ (03)	68,95	0,5	ab
9	L-6a/1/CB(04)	67,28	0,28	ab
15	Blanquita HB	67,00	0,0	ab
14	Blanquita HB	65,92	0,92	ab
12	kurmi	65,40	0,40	b

Anexo 15. Comparación múltiple de Duncan para porcentaje de hojuelas.

Tratamiento	Genotipos	Medias	Sd	Duncan
2	L-15a/2/ (03)	94.93	0,93	A
3	L-17a/1/ (03)	94.15	0,15	A
12	Kurmi	94.05	0,05	A
4	L-17c/1/ (03)	92.03	0,03	ab
14	Blanquita HB	91.53	0,53	ab
5	L-17c/2/ (03)	91.48	0,48	ab
11	A-3	89.83	0,83	ab
15	Blanquita HB	89.10	0,10	ab
1	L-15a/1/ (03)	86.39	0,39	b
13	H-177	86.20	0,20	b
8	L-107	78.78	0,78	c
9	L-6a/1/CB(04)	78.20	0,20	c
7	L-17e/1/ (03)	77.50	0,50	c
10	L-AM	77.43	0,43	c
6	L-17d/1/ (03)	76.80	0,80	c

Anexo 16. Comparación múltiple Duncan para porcentaje de sémola.

Tratamiento	Genotipos	Promedio	Sd	Duncan
6	L-17d/1/ (03)	23,2	0,2	a
10	L-AM	22,58	0,58	a
7	L-17e/1/ (03)	22,5	0,5	a
9	L-6a/1/CB(04)	21,80	0,80	a
8	L-107	21,23	0,23	a
13	H-177	13,80	0,80	b
1	L-15a/1/ (03)	12,69	0,69	b
15	Blanquita HB	10,90	0,90	bc
11	A-3	10,18	0,18	bc
5	L-17c/2/ (03)	8,53	0,53	bc
14	Blanquita HB	8,48	0,48	bc
4	L-17c/1/ (03)	7,98	0,98	bc
12	Kurmi	5,95	0,95	c
3	L-17a/1/ (03)	5,85	0,85	c
2	L-15a/2/ (03)	5,08	0,08	c

Anexo 17. Comparación múltiple de Duncan para diámetro de hojuela en quinua

Tratamientos	Genotipos	Promedio	Sd	Duncan
3	L-17a/1/ (03)	6,30	0,30	a
14	Blanquita HB	6,26	0,26	a
4	L-17c/1/ (03)	6,25	0,25	a
12	Kurmi	6,09	0,09	ab
2	L-15a/2/ (03)	5,99	0,99	abc
6	L-17d/1/ (03)	5,75	0,75	bcd
10	L-AM	5,62	0,62	cd
1	L-15a/1/ (03)	5,56	0,56	cd
5	L-17c/2/ (03)	5,46	0,46	d
11	A-3	5,46	0,46	d
13	H-177	5,45	0,45	d
7	L-17e/1/ (03)	5,44	0,44	d
15	Blanquita HB	5,42	0,42	d
9	L-6a/1/CB(04)	5,37	0,37	d
8	L-107	5,35	0,35	d



Anexo 18. Trilla de plantas de quinua de la parcela útil



Anexo 19. Marbeteado de cada muestra



Anexo 20. Zarandeo de cada muestra



Anexo 21. Colocado de muestras en bañadores



Anexo 22. Venteado de las muestras



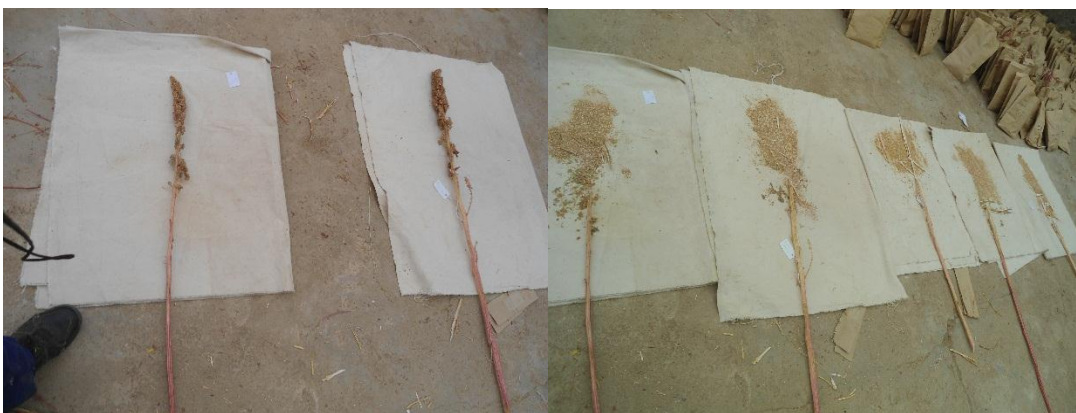
Anexo 23. Trilla manual y zarandeo de las muestras



Anexo 24. Muestras embolsadas, limpias y marbeteadas



Anexo 25. Registro de peso de plantas individuales



Anexo 26. Trilla de plantas individuales



Anexo 27. Registro de peso del grano, embolsado y marbeteado



Anexo 28. Trilla de borduras



Anexo 29. Trilla semi mecanizada de las borduras



Anexo 30. Calibración del grano de quinoa



Anexo 31. Embolsado de las muestras



Anexo 32. Determinación del peso hectolítrico



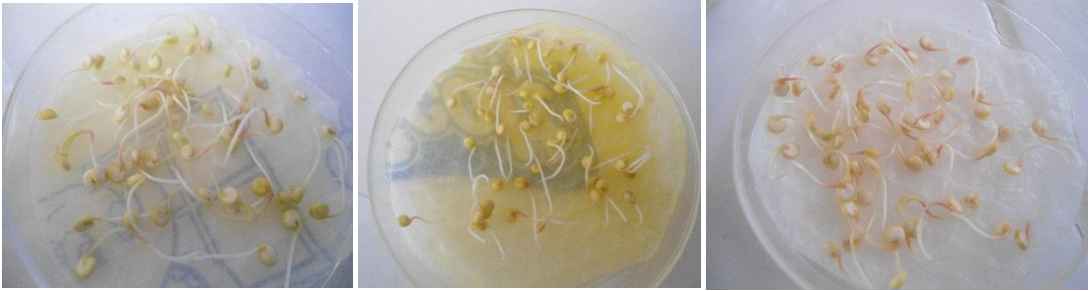
Anexo 33. Preparación de muestras para determinar el porcentaje de germinación



Anexo 34. Germinación a las 12 horas



Anexo 35. Germinación a las 24 horas



Anexo 36. Germinación a las 36 horas



Anexo 37. Laminadora semi industrial, tamiz, hojuelas