

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



TESIS DE GRADO

**SELECCIÓN MULTICRITERIO EN F2 DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)
Y PRUEBA DE PROGENIE EN F3 EN AMBIENTES DE WALIPINI**

Presentado por:

SILVIA FLORES CHAIÑA

LA PAZ – BOLIVIA

2023

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

**SELECCIÓN MULTICRITERIO EN F2 DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)
Y PRUEBA DE PROGENIE EN F3 EN AMBIENTES DE WALIPINI**

*Tesis de Grado presentado como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

SILVIA FLORES CHAIÑA

ASESOR:

Ing. Ph.D. Alejandro Bonifacio Flores

REVISORES:

Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas

Ing. René Calatayud Valdez

Ing. Ph.D. Félix Mamani Reynoso (†)

Aprobado

Presidente tribunal examinador

La Paz - Bolivia

2023

DEDICATORIA

*Muy feliz y agradecida,
dedico este trabajo a todos y cada uno de mis seres queridos,
quienes son el pilar fundamental en mi vida.*

*A mis papás
que son el ejemplo de superación y esfuerzo,
a mis hermanas
que me brindaron su apoyo incondicional y son
ejemplo de vida en todo momento.*

AGRADECIMIENTOS

A mis papás:

Porque gracias a su cariño, su apoyo y sus enseñanzas me han ayudado a crecer como persona, por la fortaleza que tienen para enfrentar el día a día.

A mis hermanas:

Como no agradecer todo el apoyo, palabras de aliento y sobre todo su amor incondicional, gracias por ser ejemplo de superación, valentía, esfuerzo y enseñarme que cada día se puede ser mejor.

A mi asesor:

Por todo su tiempo, dedicación, enseñanzas, palabras y sobre todo la paciencia para guiarme y realizar este trabajo; además de ser un gran referente de humildad y ser un modelo digno de imitar.

A mis revisores:

Quienes aportaron con su conocimiento, brindándome apoyo, consejos y explicaciones para la culminación de este trabajo.

A mis amigos:

Por todo el tiempo convivido en los años de estudio, las palabras de aliento, los consejos, las alegrías y experiencias compartidas

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| CONTENIDO | I |
| ÍNDICE DE FIGURAS | V |
| ÍNDICE DE CUADROS | VI |
| RESUMEN | IX |
| SUMMARY | XI |
| 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2 OBJETIVOS | 2 |
| 2.1 Objetivo General | 2 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 3.1 La quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) | 3 |
| 3.2 Distribución geográfica de la quinua | 3 |
| 3.3 Zonas de producción de Bolivia | 5 |
| 3.4 Clasificación taxonómica..... | 6 |
| 3.5 Descripción botánica de la planta | 6 |
| 3.5.1 Raíz | 6 |
| 3.5.2 Tallo..... | 6 |
| 3.5.3 Hojas | 6 |
| 3.5.4 Inflorescencia..... | 7 |
| 3.5.5 Flores..... | 7 |
| 3.5.6 Fruto | 7 |
| 3.5.7 Semilla..... | 7 |
| 3.6 Fases fenológicas del cultivo | 7 |
| 3.6.1 Emergencia | 8 |
| 3.6.2 Dos hojas verdaderas..... | 8 |
| 3.6.3 Cuatro hojas verdaderas | 8 |
| 3.6.4 Seis hojas verdaderas | 8 |
| 3.6.5 Ramificación | 9 |
| 3.6.6 Inicio de panojamiento..... | 9 |
| 3.6.7 Panojamiento..... | 9 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.6.8 | Inicio de floración..... | 9 |
| 3.6.9 | Floración o antesis..... | 10 |
| 3.6.10 | Grano lechoso | 10 |
| 3.6.11 | Grano pastoso | 10 |
| 3.6.12 | Madurez fisiológica | 10 |
| 3.7 | Aspectos agronómicos del cultivo | 11 |
| 3.7.1 | Preparación del suelo | 11 |
| 3.7.2 | Siembra | 12 |
| 3.8 | Labores culturales | 12 |
| 3.8.1 | Deshierbe | 12 |
| 3.8.2 | Raleo de plántulas | 12 |
| 3.8.3 | Aporque | 13 |
| 3.8.4 | Cosecha | 13 |
| 3.9 | Mejoramiento genético | 14 |
| 3.9.1 | Objetivos del mejoramiento genético (en quinua)..... | 14 |
| 3.10 | Métodos de mejoramiento en la quinua | 15 |
| 3.10.1 | Selección masal..... | 16 |
| 3.10.2 | Selección individual | 16 |
| 3.10.3 | Hibridación..... | 17 |
| 3.11 | Obtención de líneas | 18 |
| 3.12 | Origen de las variedades | 18 |
| 3.13 | Presión de selección y Diferencial de selección..... | 19 |
| 3.13.1 | Presión de selección (P)..... | 19 |
| 3.13.2 | Diferencial de selección (DS) | 19 |
| 3.14 | Mildiu de la quinua | 20 |
| 4 | LOCALIZACIÓN | 21 |
| 4.1 | Ubicación geográfica..... | 21 |
| 4.2 | Características generales de la zona de estudio..... | 22 |
| 4.2.1 | Clima | 22 |
| 4.2.2 | Fisiografía y suelos..... | 22 |
| 4.2.3 | Vegetación..... | 22 |
| 5 | MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |

| | | |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| 5.1 | Materiales..... | 23 |
| 5.1.1 | Material vegetal (genético) | 23 |
| 5.1.2 | Material de campo | 23 |
| 5.1.3 | Material de laboratorio | 23 |
| 5.1.4 | Material de gabinete | 23 |
| 5.2 | Metodología | 24 |
| 5.2.1 | Preparación del terreno | 24 |
| 5.2.2 | Riego | 24 |
| 5.2.3 | Selección de semilla | 24 |
| 5.2.4 | Siembra | 24 |
| 5.2.5 | Labores culturales | 25 |
| 5.2.6 | Cosecha | 26 |
| 5.2.7 | Trilla y limpieza del grano | 26 |
| 5.3 | Diseño experimental..... | 26 |
| 5.3.1 | Modelo lineal aditivo | 26 |
| 5.3.2 | Croquis experimental..... | 27 |
| 5.4 | VARIABLES DE RESPUESTA..... | 27 |
| 5.4.1 | Porcentaje de emergencia | 27 |
| 5.4.2 | Altura de planta (cm) | 27 |
| 5.4.3 | Longitud de panoja (cm) | 28 |
| 5.4.4 | Diámetro de panoja (cm) | 28 |
| 5.4.5 | Diámetro de grano (mm)..... | 28 |
| 5.4.6 | Severidad del ataque de mildiu..... | 28 |
| 5.4.7 | Presión de selección (P)..... | 28 |
| 5.4.8 | Diferencial de selección (DS) | 28 |
| 6 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 29 |
| 6.1 | Temperatura..... | 29 |
| 6.2 | Humedad..... | 30 |
| 6.3 | Porcentaje de emergencia | 31 |
| 6.4 | Altura de planta | 32 |
| 6.5 | Longitud de panoja..... | 40 |
| 6.6 | Diámetro de panoja | 46 |

| | | |
|--------------------|--|-----------|
| 6.7 | Diámetro de panoja | 52 |
| 6.8 | Severidad del ataque de mildiu | 58 |
| 6.8.1 | Curva de progreso de la enfermedad | 63 |
| 6.8.2 | Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) | 65 |
| 6.9 | Diferencial de selección y presión de selección para tamaño de grano | 66 |
| 7 | CONCLUSIONES | 73 |
| 8 | RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS..... | 75 |
| 9 | BIBLIOGRAFÍA | 76 |
| ANEXOS..... | | 83 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Países productores de quinua en el mundo (El Mundo, s.f.)..... | 4 |
| Figura 2: Zonas productoras de quinua en Bolivia (SciELO México, s.f.) | 5 |
| Figura 3: Fases fenológicas de la quinua (FAO, 2013) | 11 |
| Figura 4: Diferencial de selección y respuesta a la selección (Camarena <i>et al.</i> , 2014) | 19 |
| Figura 5: Localización del Centro de Investigación K'iphakíphani, Municipio de Viacha del Departamento de La Paz..... | 21 |
| Figura 6: Croquis experimental | 27 |
| Figura 7: Temperaturas máximas, mínimas y promedio durante el ciclo de cultivo . | 29 |
| Figura 8: Humedad relativa del ambiente durante el ciclo de cultivo..... | 31 |
| Figura 9: Porcentaje de emergencia en las progenies LCP x F ₆ (80), LCP x F ₁₀ (10), | 32 |
| Figura 10: Curva de crecimiento de las progenies F ₃ | 32 |
| Figura 11: Curva de progreso de la enfermedad (DPC Disease Progres Curve) en intervalos de siete días..... | 64 |
| Figura 12: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de Diámetro de grano (mm) de la progenie LCP x F ₆ (80)..... | 67 |
| Figura 13: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de diámetro de grano (mm) de la progenie LCP x F ₁₀ (10) | 68 |
| Figura 14: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de Diámetro de grano (mm) en la progenie LCV x Blanquita..... | 69 |
| Figura 15: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de diámetro de grano (mm) de la progenie LCR x F ₁₀ (71) | 70 |
| Figura 16: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de Diámetro de grano (mm) de la progenie LCT x Kurmi | 71 |
| Figura 17: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de Diámetro de grano (mm) de la progenie LCR x F ₁₀ (127) | 72 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1: Número de plantas por cruza en la investigación | 23 |
| Cuadro 2: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCP x F ₆ (80)..... | 33 |
| Cuadro 3: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCP x F ₁₀ (10) | 34 |
| Cuadro 4: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCV x Blanquita..... | 34 |
| Cuadro 5: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCR x F ₁₀ (71) | 35 |
| Cuadro 6: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCT x Kurmi | 35 |
| Cuadro 7: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCR x F ₁₀ (127) | 36 |
| Cuadro 8: Prueba de medias Duncan para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica..... | 38 |
| Cuadro 9: Resumen de datos de la variable Altura de planta | 40 |
| Cuadro 10: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCP x F ₆ (80) | 40 |
| Cuadro 11: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCP x F ₁₀ (10) | 41 |
| Cuadro 12: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCV x Blanquita | 41 |
| Cuadro 13: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCR x F ₁₀ (71) | 42 |
| Cuadro 14: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCT x Kurmi | 42 |
| Cuadro 15: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCR x F ₁₀ (127) | 43 |
| Cuadro 16: Prueba de medias Duncan para la variable Longitud de panoja | 45 |
| Cuadro 17: Resumen de datos de la variable Longitud de panoja | 46 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 18: Análisis de varianza para la variable Diámetro de panoja en LCP x $F_6(80)$ | 47 |
| Cuadro 19: Análisis de varianza para la variable Diámetro de panoja en LCP x $F_{10}(10)$ | 47 |
| Cuadro 20: Análisis de varianza para la variable Diámetro de panoja en LCV x Blanquita | 48 |
| Cuadro 21: Análisis de varianza para la variable Diámetro de panoja en LCR x $F_{10}(71)$ | 48 |
| Cuadro 22: Análisis de varianza para la variable de Diámetro de panoja en LCT x Kurmi..... | 49 |
| Cuadro 23: Análisis de varianza para la variable Diámetro de panoja en LCR x $F_{10}(127)$ | 49 |
| Cuadro 24: Prueba de medias Duncan para la variable Diámetro de panoja..... | 51 |
| Cuadro 25: Resumen de datos de la variable Diámetro de panoja | 52 |
| Cuadro 26: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCP x $F_6(80)$ | 53 |
| Cuadro 27: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCP x $F_{10}(10)$ | 53 |
| Cuadro 28: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCV x Blanquita | 54 |
| Cuadro 29: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCR x $F_{10}(71)$ | 54 |
| Cuadro 30: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCT x Kurmi | 55 |
| Cuadro 31: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCR x $F_{10}(127)$ | 55 |
| Cuadro 32: Prueba de medias Duncan para la variable Diámetro de grano | 57 |
| Cuadro 33: Resumen de datos de la variable Diámetro de grano..... | 58 |
| Cuadro 34: Análisis de varianza para Severidad del ataque de mildiu al día 31 | 59 |
| Cuadro 35: Prueba de medias Duncan para Severidad del ataque de mildiu al día 31 | 59 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 36: Análisis de varianza para Severidad del ataque de mildiu al día 38..... | 60 |
| Cuadro 37: Prueba de medias Duncan para Severidad del ataque de mildiu al día 38 | 60 |
| Cuadro 38: Análisis de varianza para Severidad de mildiu al día 45..... | 61 |
| Cuadro 39: Prueba de medias Duncan para Severidad del ataque de mildiu al día 45 | 61 |
| Cuadro 40: Análisis de varianza para Severidad del ataque de mildiu al día 52..... | 62 |
| Cuadro 41: Prueba de medias Duncan para Severidad de ataque de mildiu al día 52 | 62 |
| Cuadro 42: Análisis de varianza para Severidad del ataque de mildiu al día 59..... | 63 |
| Cuadro 43: Prueba de medias Duncan para Severidad de ataque de mildiu al día 59 | 63 |
| Cuadro 44: Porcentaje promedio de Severidad de mildiu en intervalos de siete días en progenies F_3 | 65 |
| Cuadro 45: Valores de AUPDC y rAUDPC en la progenie F_3 | 65 |
| Cuadro 46: Resumen de datos de Presión de selección (PS) y Diferencial de selección (DS)..... | 72 |

RESUMEN

La quinua es un cultivo importante en el altiplano, puesto que sirve de alimento para la población y es fuente de ingresos económicos para las familias productoras. Sin embargo, se encuentra afectada por enfermedades como el mildiu que reduce el rendimiento y baja la calidad del grano; por otra parte, las variedades locales presentan tamaño de grano mediano que no contribuye a la competitividad del rubro. Por tanto, es necesario desarrollar variedades con resistencia al mildiu y de grano grande. El programa de mejoramiento genético de quinua de la Fundación PROINPA, ha generado progenies mediante cruzamiento de progenitores resistentes al mildiu y tamaño de grano grande; es así que en el Centro de Investigación K'iphak'ipani (ambientes de walipini), se ha aplicado la selección multicriterio en F₂ y se ha evaluado el comportamiento de las progenies F₃ proveniente de seis cruzas, con la finalidad de evaluar el crecimiento de las mismas, el avance de la enfermedad del mildiu, el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), el área relativa del progreso de la enfermedad (rAUDPC), el diferencial y presión de selección según el tamaño de grano. Para evaluar el crecimiento de la planta y determinar el ataque de la enfermedad del mildiu se evaluó periódicamente el crecimiento y la severidad en plantas previamente identificadas al azar con repeticiones. Con los datos registrados se realizó el análisis de varianza y la prueba Duncan. El tamaño de grano se registró empleando el calibrador digital, con los datos obtenidos se determinó el diferencial y presión de selección, diferenciando la presencia o ausencia de saponina. Los resultados muestran que el crecimiento en altura de planta se asemeja a la curva sigmoidea siendo acelerado desde la emergencia hasta la fase de grano lechoso, luego con una inflexión con tendencia a menor crecimiento. Las líneas mostraron diferencias significativas atribuible a diferencias genéticas entre ellas. La severidad y avance del mildiu permitieron determinar la AUDPC y rAUDPC cuyas diferencias reflejan el grado de resistencia de las progenies frente a la enfermedad. En conclusión, las progenies evaluadas presentan diferencias significativas en altura de planta a la madurez y la severidad del mildiu (AUDPC y rAUDPC). Se logró identificar unidades de grano grande para la selección determinando los valores de presión y diferencial de selección

que incluye plantas de grano grande y dulces en mayor frecuencia que las amargas, lo cual contrasta con el concepto de que la quinua dulce es de grano pequeño.

SUMMARY

Quinoa is an important crop in the altiplano, since it serves as food for the population and is a source of income for producer families. However, it is affected by diseases such as downy mildew, which reduces yields and lowers grain quality; on the other hand, local varieties have medium grain size, which does not contribute to the competitiveness of the quinoa production. Therefore, it is necessary to develop varieties with resistance to downy mildew and large grain size. The quinoa breeding program of Fundación PROINPA has generated progenies by crossing parents resistant to downy mildew and large grain size; Thus, at the K'iphak'ipani Research Center (walipini environments), multicriteria selection was performed in F₂ and agronomic behavior of F₃ progenies from six crosses has been evaluated in order to assess their growth, the progress of the downy mildew disease, the area under the disease progress curve (AUDPC), the relative area of disease progress (rAUDPC), the differential and selection pressure according to grain size. To evaluate plant growth and determine downy mildew disease attack, growth and severity were periodically evaluated in plants previously identified at random with replicates. Analysis of variance and the Duncan test were performed on the data recorded. Grain size was recorded using a digital calibrator on the progenies, and the data obtained were used to determine the differential and selection pressure, differentiating the presence or absence of saponin. The results show that plant height growth resembles a sigmoid curve, being accelerated from emergence to the milky grain stage, then with little inflexion to lower growth trend. The lines showed significant differences attributable to genetic differences between them. The severity and advance of downy mildew allowed the determination of AUDPC and rAUDPC whose differences reflect the degree of resistance of the progenies to the disease. In conclusion, the progenies evaluated showed significant differences in plant height at maturity and downy mildew severity (AUDPC and rAUDPC). Large grain units were identified for selection by determining the values of selection pressure and selection differential that includes large grain and sweet plants more frequently than bitter ones, which contrasts with the concept that sweet quinoa is small grain.

1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático está provocando una diversidad de modificaciones muy notorias en la temperatura, la precipitación y otros como los patrones de viento; en muchos lugares se han incrementado las lluvias lo cual ha provocado inundaciones, por otra parte, en otras regiones se han producido sequías y las olas de calor son más frecuentes. Todo esto trae consigo efectos negativos en términos económicos para la sociedad, daña las cosechas y pone en riesgo la producción alimentaria.

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), es un cultivo alternativo que le hace frente a estos problemas ya que, debido a su alta variabilidad genética se adapta a diferentes climas, desde aquellos calurosos y secos como el clima de la costa a aquellos templados lluviosos o secos de los valles interandinos y aquellos fríos y lluviosos o secos de la sierra alta y el altiplano. La quinua es un cultivo adaptable porque puede ser cultivada de forma exitosa en diferentes tipos de suelo y pisos climáticos.

El mejoramiento de la quinua en Bolivia, se ha centrado en la obtención de variación mediante el cruzamiento artificial y luego aplicar la selección. La mayoría de las variedades mejoradas de quinua provienen del empleo de este método.

Según Vallejo y Estrada (2002), la selección, en general, descansa sobre dos principios básicos: a) la selección solo puede actuar sobre diferencias heredables; y b) la selección no crea variabilidad, sino que actúa sobre la ya existente.

La selección es la herramienta básica en el mejoramiento de la quinua; actúa sobre poblaciones con variación interna en poblaciones o familias provenientes de cruzamientos dirigidos. La selección más temprana en progenies de cruzamientos dirigidos se inicia en F_2 y continúa en las subsecuentes generaciones, mientras que la selección en generaciones avanzadas se inicia en F_{5-6} .

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Implementar la selección multi-criterio en F₂ de quinua y prueba de progenie F₃ en ambientes de walipini.

2.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar por resistencia al mildiu, altura de planta y tamaño de grano en progenies F₂.
- Evaluar la descendencia de plantas seleccionadas F₂ – F₃ por los criterios anteriormente mencionados.
- Determinar la presión de selección aplicada y la diferencial de selección para tamaño de grano y presencia o ausencia de saponina.
- Determinar la AUDPC y rAUDPC para las progenies en proceso de selección.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo rústico, de bajos requerimientos hídricos y de nutrientes, se adapta a diferentes climas, desde el desértico hasta climas templados; el cultivo puede crecer desde lugares secos a ambientes húmedos (80% de humedad relativa en el ambiente). La temperatura adecuada para el cultivo es de 15 a 20°C, pero puede soportar temperaturas desde -4°C hasta 38°C. es una planta eficiente en el uso del agua, pudiendo de esta manera crecer en suelos con baja humedad y salinos, obteniéndose producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm (FAO, 2014).

3.2 Distribución geográfica de la quinua

Mujica (1992), señala que la quinua puede considerarse una especie oligocéntrica, con un centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, considerándose las orillas del Lago Titicaca como la zona de mayor diversidad y variación genética.

Lescano (1994) menciona que la quinua está distribuida en toda la región andina, desde Colombia (Pasto) hasta el norte de Argentina (Jujuy y Salta) y Chile (Antofagasta), y se ha encontrado un grupo de quinuas de nivel del mar en la Región de Concepción; al respecto, Barriga *et al.* (1994) hacen referencia de quinuas de la costa, valles interandinos, puna y altiplano.

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

El siguiente resumen, presenta la distribución de la quinua, de acuerdo a los países de la región y sus zonas tradicionales de producción (Rojas *et al.*, 2010):

- En **Colombia** en el departamento de Nariño, en las localidades Ipiales, Puesres, Contadero, Córdova, San Juan, Mocondino y Pasto.

- En **Ecuador** en las áreas de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Latacunga, Ambato y Cuenca.
- En **Perú** destacan las zonas de Cajamarca, Callejón de Huayllas, Valle de Mantaro, Andahuayllas, Cusco y Puno (altiplano).
- En **Bolivia** en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí y en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Tarija.
- En **Chile** en el altiplano chileno (Isluga e Iquique) y Concepción. También existen reportes de quinuas cultivadas en la Novena y Décima región (Barriga *et al.*, 1994).
- En **Argentina** se cultiva en forma aislada en Jujuy y Salta. El cultivo se amplió también hacia los Valles Calchaquíes de Tucumán (Gallardo y Gonzales, 1992; citado por Lobo *et al.* s.f.).

Los principales productores del mundo son Bolivia, Perú y los Estados Unidos. Sin duda, los mayores productores de quinua en la región andina y en el mundo son Perú y Bolivia; el año 2008 la producción de ambos países representó el 92% de la quinua producida en el mundo.

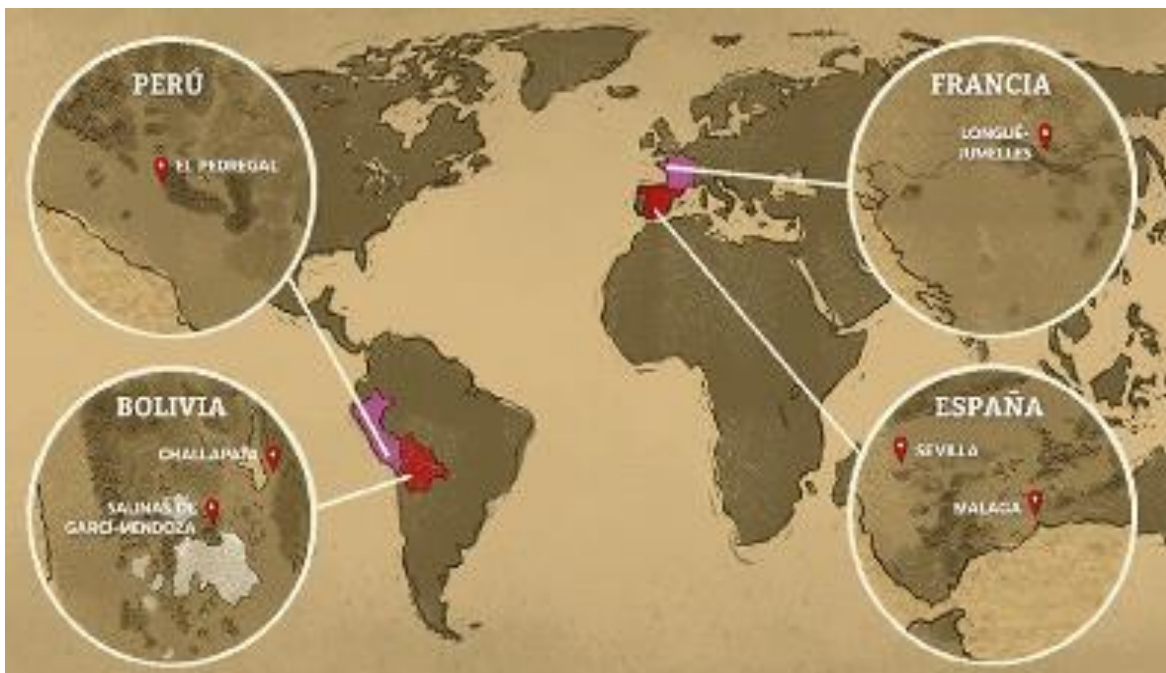


Figura 1: Países productores de quinua en el mundo (El Mundo, s.f.)

3.3 Zonas de producción de Bolivia

En Bolivia está distribuido tanto en el altiplano (norte, central y sur), valles interandinos y en los salares existentes al sur, con características propias y peculiares de cultivo, uso y transformación. En la región del altiplano boliviano, las quinuas han evolucionado en las planicies circundantes al Lago Titicaca, en zonas comprendidas mayormente entre los 3600 y 4000 m.s.n.m.

La principal zona de producción en el país es el altiplano, particularmente el altiplano sur, donde se cultivan grandes extensiones destinadas a la exportación y donde por sus condiciones agroecológicas no es posible desarrollar otro cultivo.

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

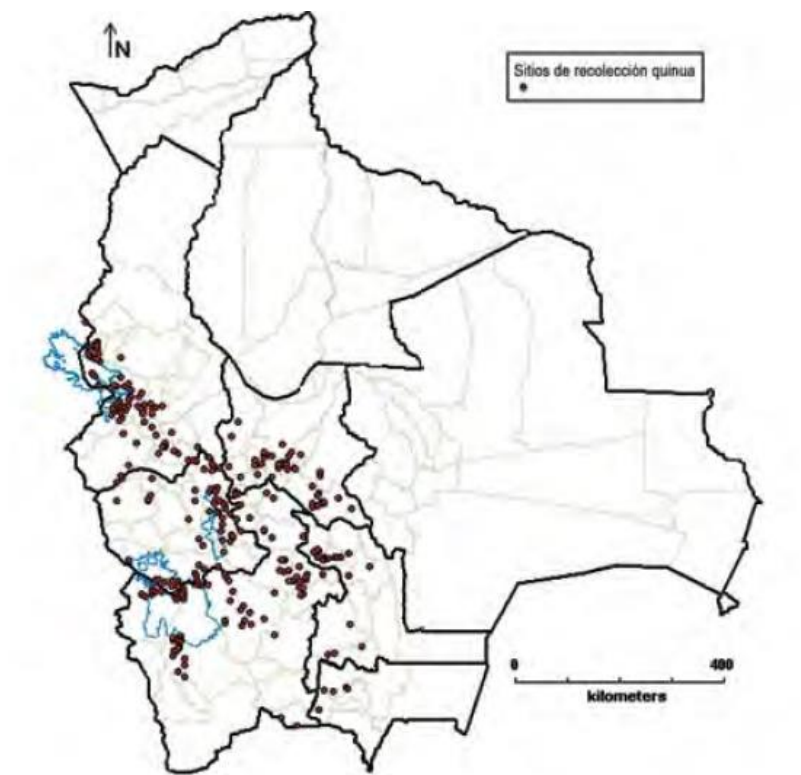


Figura 2: Zonas productoras de quinua en Bolivia (SciELO México, s.f.)

3.4 Clasificación taxonómica

La quinua se clasifica de la siguiente manera:

| | |
|------------|----------------------------------|
| Reino: | Plantae |
| División: | Magnoliophyta |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Orden: | Caryophyllales |
| Familia | Amaranthaceae |
| Subfamilia | Chenopodioideae |
| Tribu: | Chenopodieae |
| Género: | <i>Chenopodium</i> |
| Especie: | <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. |

3.5 Descripción botánica de la planta

3.5.1 Raíz

Tapia, mencionado por Gómez y Aguilar (2016), indican que la raíz de la planta de quinua es de tipo pivotante, que consta de una raíz principal de la cual salen un gran número de raíces laterales muy ramificadas; la longitud de las raíces puede variar de 0.8 a 1.5 m, su desarrollo y crecimiento está determinado por el genotipo, tipo de suelos, nutrición y humedad entre otros factores.

3.5.2 Tallo

Dizes y Bonifacio (1992), mencionan que el tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas dando una configuración excepcional, el grosor del tallo también es variable siendo mayor en la base que en el ápice, dependiendo de los genotipos y zonas donde se desarrolla. La coloración también varía y puede ir desde el verde hasta el rojo, pasando por combinaciones de los mismos.

3.5.3 Hojas

Las hojas son alternas y tienen peciolo (largos, finos y acanalados en su parte superior) y láminas polimorfas en la misma planta (que pueden tener forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada) cubiertas por cristales de oxalato de calcio

tanto en el haz como en el envés que les sirve para disminuir la radiación directa sobre las mismas. (Rojas, 2003).

3.5.4 Inflorescencia

Cárdenas, citado por Gandarillas (1968), señalan que la inflorescencia de la quinua es racimosa y por la disposición de las flores se denomina panoja por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan los ejes secundarios y en algunos casos terciarios.

3.5.5 Flores

Las flores son pequeñas, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos; pueden ser hermafroditas, pistiladas o androestériles. Las flores permanecen abiertas por un periodo que varía de 5 a 7 días y como no se abren simultáneamente, se determinó que el tiempo de duración de la floración oscila entre 12 a 15 días (Heiseser y Nelson, 1974; Mújica, 1992; Lescano, 1994).

3.5.6 Fruto

El fruto es un aquenio de forma lenticular, elipsoidal, cónico o esferoidal y su tamaño puede variar entre 1.5 a 3.0 mm de diámetro según la variedad, que está cubierto por el perigonio sepaloide o las envolturas florales que rodean el fruto y se desprenden con facilidad a la madurez (Tapia y Frías, 2007).

3.5.7 Semilla

La semilla presenta tres partes bien definidas que son el epispermo, embrión y perisperma. Tapia (1990), menciona que 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 que además contiene la saponina que le da el sabor amargo a la quinua.

3.6 Fases fenológicas del cultivo

Mújica *et al.* (2004) indica que la quinua presenta fases fenológicas bien diferenciadas, mediante las cuales se puede identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo

de la planta, y determina doce fases fenológicas del cultivo, que están desglosadas a continuación:

3.6.1 Emergencia

La emergencia ocurre cuando la plántula sale del suelo y extiende los cotiledones, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto ocurre entre los 7 a 10 días después de la siembra, siendo susceptibles al ataque de aves en sus inicios, pues como es dicotiledónea, salen las dos hojas cotiledonales protegidas por el episperma y pareciera mostrar la semilla encima del talluelo facilitando el consumo de las aves, por la succulencia de los cotiledones.

3.6.2 Dos hojas verdaderas

Una vez que ya emergen los cotiledones que tienen forma lanceolada, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma romboidal y se encuentra en botón el siguiente par de hojas, esto ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se produce generalmente el ataque de los insectos cortadores de plantas tales como *Copitarsia turbata*.

3.6.3 Cuatro hojas verdaderas

Es cuando se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra; en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía; sin embargo, es muy susceptible al ataque de masticadores de hojas como *Epitrix subcrinita* y *Diabrotica* de color.

3.6.4 Seis hojas verdaderas

En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días después de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando la planta está sometida a bajas temperaturas y al anochecer, stress por déficit hídrico o salino.

3.6.5 Ramificación

Durante esta fase se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días después de la siembra; en esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice sino por debajo de éste, y en caso de bajas temperaturas que afectan a las plantas, se produce el “colgado” del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinuas del valle.

3.6.6 Inicio de panojamiento

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre a los 55 a 60 días después de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como el engrosamiento del mismo. En esta etapa ocurre el ataque de la primera generación de *Eurisacca quinoae* (Q'hona-q'hona), formando nidos, enrollando las hojas y haciendo minas en las mismas.

3.6.7 Panojamiento

La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; asimismo, se puede observar en los glomérulos de la base de los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a 70 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta el inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicionales.

3.6.8 Inicio de floración

Es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días después de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio e un color verde limón.

3.6.9 Floración o antesis

La floración es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra. Esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C, debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran cerradas, asimismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los 38°C se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas.

3.6.10 Grano lechoso

El estado de grano lechoso es cuando los frutos se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días después de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente.

3.6.11 Grano pastoso

El estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días después de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de *Q'hona-q'hona* (*Eurissacca quinoa*) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano.

3.6.12 Madurez fisiológica

Es cuando el grano formado que es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación.

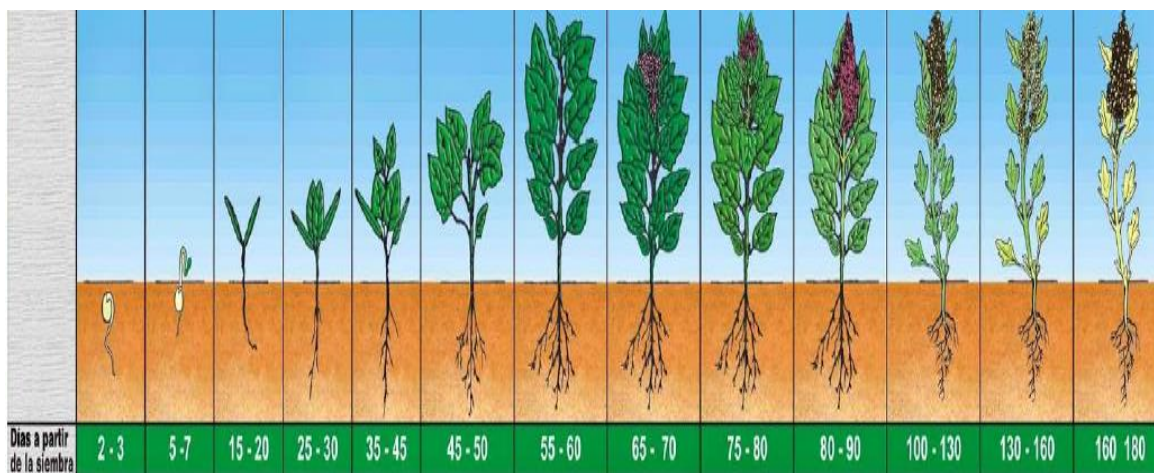


Figura 3: Fases fenológicas de la quinua (FAO, 2013)

3.7 Aspectos agronómicos del cultivo

3.7.1 Preparación del suelo

En zonas con riego es importante realizar un riego abundante en el terreno elegido para favorecer a la germinación de semillas de malezas y/o cultivos anteriores; por el contrario, en zonas de cultivo seco se debe esperar el inicio de lluvias con la misma finalidad, esta actividad proporciona la humedad que se requiere para una buena preparación del suelo y ayuda a controlar los insectos del suelo.

- **Arado:** el terreno con la humedad adecuada se debe realizar el arado a una profundidad mayor a 30 cm, de este modo se logrará desmenuzar y voltear la capa arable del suelo para favorecer el desarrollo de las raíces de la quinua.
- **Desterronado:** luego de realizar el arado quedan en el suelo terrones grandes, los cuales deben ser desmenuzados; los terrones deben quedar muy pequeños considerando el tamaño de los granos de quinua.
- **Nivelado:** el nivelado se puede realizar con la ayuda de un tablón, esto evitará que haya partes hondas que permitan el encharcamiento de aguas y eliminará partes elevadas donde podría no llegar suficiente humedad.

Las labores de preparación del suelo darán como resultado una buena cama de siembra, con suelo fino, firme y libre de malezas.

3.7.2 Siembra

La siembra es una de las actividades de mayor importancia porque de esta labor depende la emergencia de plántulas; se realiza en diferentes épocas, dependiendo del lugar a sembrarse, características de la variedad y humedad del suelo. La quinua puede ser sembrada directamente o por trasplante.

FAUTAPO (2009), dice que la siembra en el cultivo de la quinua se puede realizar en diferentes épocas, dependiendo del lugar, humedad del suelo y características de la variedad, factores importantes que determinan el tipo de siembra tradicional o mecanizada.

La profundidad de siembra adecuada es aquella que coloca las semillas donde puede absorber agua para la germinación y no desecarse posteriormente; debido al tamaño de las semillas la profundidad no debe sobrepasar los 2 cm y se deben tapar con una capa muy fina de tierra empleando herramientas que faciliten un ligero desplazamiento del suelo del área cercana a las semillas.

3.8 Labores culturales

3.8.1 Deshierbe

La quinua como cualquier otra planta es sensible al ataque de malezas que provocan la competencia de nutrientes, agua, luz, espacio; además de actuar como hospederos de plagas y enfermedades que repercuten negativamente en el rendimiento y la calidad de grano o semilla de quinua. por ello se recomienda realizar deshierbes sobre todo en las primeras fases del desarrollo del cultivo.

3.8.2 Raleo de plántulas

Esta actividad es también conocida como desahijé y tiene la finalidad de generar un equilibrio en la población de plántulas, eliminando así aquellas plantas débiles, pequeñas y solas o enfermas. Lo ideal es que se tengan 10 plantas por metro lineal para un buen desarrollo, se debe realizar de forma manual y se puede realizar juntamente con el deshierbe.

3.8.3 Aporque

El aporque es una actividad agrícola importante, ya que además de proporcionar un buen sostenimiento de la planta también se proporciona aireación a las raíces del cultivo; el momento oportuno para realizar esta actividad es antes del panojamiento.

3.8.4 Cosecha

Aroni (2005) señala que la época óptima para el corte de las plantas depende de varios factores, como: la variedad, tipo de suelo, humedad y temperatura predominante. Por lo general, las hojas de la planta de quinua se tornan de una coloración amarilla o rojiza dependiendo de la variedad y en la panoja es posible ver los granos por la apertura que realiza el perigonio, característico en esta fase de madurez fisiológica.

La cosecha se realiza una vez que las plantas llegan a la madurez fisiológica, que se puede identificar por el amarillamiento de la panta y la caída de las hojas inferiores; también se observa que, al presionar el grano de quinua con las uñas, éste ofrece resistencia y dificulta la penetración. La cosecha consta de las siguientes etapas:

- **Corte o siega:** el corte se efectúa cuando las plantas hayan alcanzado la madurez fisiológica; debe realizarse en horas de la mañana, cuando las plantas aún mantienen la humedad del rocío para evitar el desprendimiento de los granos que con el sol se resecan y caen.
- **Emparvado:** consiste en acomodar las plantas en pequeños montículos con las panojas inmediatamente después del corte, ordenándolas y colocando en forma de pilas alargadas o redondas, debiendo estar las panojas en un solo sentido si es alargado, pero si se le da la forma redonda se colocan las inflorescencias en forma circular con la panoja hacia el centro, luego se protege con paja o plásticos para evitar humedecimiento por efectos de las lluvias o granizadas que puedan caer y malograr el grano.

Según Aroni (2005), existen tres formas de emparve o secado: arcos, taucas y chucus.

Las plantas se mantienen en la parva por espacio de 7 a 15 días hasta que tengan la humedad conveniente para la trilla.

- **Trilla:** este proceso consiste en separar los granos de quinua del resto de la panoja, desprendiendo los perigonios del fruto obteniendo una mezcla de broza, jipi y grano, que deben ser sometidos a un proceso de tamizado y venteado para obtener el grano limpio.
- **Venteo y limpieza del grano:** una vez que se produce la trilla, el grano y la broza quedan juntos. Aroni (2005) menciona que esta labor consiste en separar el grano de la broza (fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencias y pequeñas ramas) aprovechando las corrientes de aire que se producen en las tardes, de tal manera que el grano quede completamente limpio.

Secado del grano: es necesario que el grano pierda humedad hasta obtener la humedad comercial y permitir su almacenamiento, esto se consigue exponiendo a los rayos solares el grano trillado, volteando varias veces al día para evitar amarillamiento o fermentación del grano; se considera que el grano de quinua está seco cuando las semillas contengan máximo un 10% de humedad.

3.9 Mejoramiento genético

Nakayama *et al.*, (2018) indican que el mejoramiento genético de plantas se define como el conjunto de operaciones que partiendo de un grupo de individuos cuyas cualidades no se encuentran en la condición requerida, permite obtener otro grupo capaz de reproducirse, que se denomina cultivar y que constituye un progreso en algunas características, como un medio para satisfacer cada vez en mejor forma las necesidades de la humanidad.

3.9.1 Objetivos del mejoramiento genético (en quinua)

Los objetivos del mejoramiento genético son los generalmente planteados para cualquier otro cultivo y principalmente aquellos de grano.

FAO (2014), indica que los objetivos del mejoramiento son el rendimiento, grano grande, libre de saponina, buena calidad culinaria, tallo erecto, panoja definida y resistencia a enfermedades. Algunos caracteres favorables están descritos a continuación:

- **Precocidad:** la precocidad es un carácter que permite a la variedad a escapar del efecto adverso de heladas y sequías. La selección por precocidad es relativamente fácil, puesto que el número de días a la floración tiene una heredabilidad de 0.82 que es alta. Mujica (1988), mencionado por Bonifacio *et al.* (2014).
- **Tamaño de grano:** el mayor tamaño de grano es preferido cuando el producto se comercializa como grano entero (quinua perlada).
- **Grano dulce:** la calidad de grano constituye la presencia de saponina que le da el sabor amargo al grano, además de que también puede ser una limitante para los beneficiadores y los procesadores industriales, puesto que la remoción de este compuesto representa una elevación de los costos de procesamiento y la necesidad de equipo de escarificación, mayor cantidad de agua para lavado (en algunas zonas donde no hay agua) y riesgos en la germinación del grano en el proceso.
- **Resistencia al mildiu:** en cuanto a la resistencia al mildiu, este carácter se ha buscado por muchos años, pero aún no se ha encontrado una resistencia deseada o se ha perdido la resistencia en los primeros años de vigencia de la variedad.

Bonifacio (2006), indica que la resistencia al mildiu es un componente clave para producir quinua orgánica en zonas fuera del Altiplano Sur. La quinua es susceptible a enfermedades bajo condiciones de alta humedad relativa y humedad del suelo.

3.10 Métodos de mejoramiento en la quinua

Según Gandarillas (1979), Bonifacio *et al.* (2014) y Bonifacio (2019), existen diferentes métodos utilizados para el mejoramiento genético en la quinua, el método más conocido es la selección.

La selección es uno de los primeros métodos de mejoramiento empleados en quinua, utilizando la variabilidad genética desarrollada a lo largo de la región andina por miles de años, por fuerzas naturales como las mutaciones, recombinaciones intra e

interespecíficas y la selección natural y la humana. Este proceso consiste en la modificación de la frecuencia de alelos en las poblaciones vegetales y/o variedades. Algunos de estos métodos se describen a continuación:

3.10.1 Selección masal

Burgos (2018), indica que la selección masal se basa en la identificación de fenotipos sobresalientes y su cosecha en una mezcla masal posterior. Este método debe aplicarse en el mejoramiento de caracteres de alta heredabilidad dentro de este tipo de selección están las siguientes modalidades:

- Selección masal simple: Consiste en seleccionar 100 a 200 plantas sobresalientes o más (en función a los criterios que define el mejorador), las cuales se cosechan juntas y luego se siembran y se evalúan comparándolas con el material original del cual fueron seleccionadas para determinar el nivel de mejora. Este proceso puede repetirse por dos o tres ciclos de selección o el tiempo que defina el mejorador; es un método sencillo, de bajo costo y rápido.
- Selección masal estratificada: Es una modificación de la selección masal para mejorar la identificación de plantas superiores y disminuir el efecto de la variación del medio ambiente en el proceso de selección. Consiste en sembrar las plantas de la población original en forma equidistante y establecer bloques o cuadrículas en el campo experimental, según la variación del factor ambiental, dejando el similar número de plantas por cuadrícula. La selección se realiza en cada bloque o cuadrícula tomando igual número de plantas o proporcional al total previsto.

3.10.2 Selección individual

Burgos (2018), menciona que en las poblaciones originales se pueden encontrar plantas que se destacan por su vigor, tolerancia a enfermedades, precocidad, resistencia a las temperaturas bajas y sequías, etc., y que pueden ser seleccionadas de forma individual.

Las semillas de estas plantas individuales se siembran en surcos o parcelas separadas, manteniendo la pureza de cada progenie y son consideradas como líneas

puras. La evaluación y selección según el rendimiento y otras características debe realizarse en diferentes localidades y años, empleando métodos estadísticos apropiados; posteriormente se multiplican las semillas de la o las líneas sobresalientes y se pueden inscribir como nuevas variedades mejoradas.

Una modificación de la selección individual, aplicada en quinua por Gandarillas (1979) es la llamada “selección panoja-surco”

Este método consiste en identificar las plantas tipo en fase vegetativa en una cantidad aproximada a 200, en fase reproductiva se auto-fecundan las plantas, se cosechan, se selecciona por un segundo criterio si es el caso; se trilla individualmente, se asigna un número de registro y la semilla se conserva en bolsas individuales. Se siembra las unidades según número asignado en surcos individuales, se repite la selección entre y dentro surcos. El procedimiento se puede repetir por dos o tres ciclos hasta lograr la homogeneidad del material.

Este método de selección permite hacer el seguimiento de plantas madre y sus progenies y se puede recuperar el material en caso de pérdida de progenies recurriendo a la planta madre que conserva la semilla remanente. Es un método eficiente que permite lograr los criterios de selección establecidos.

3.10.3 Hibridación

El método de hibridación tiene como objetivo fundamental recombinar caracteres favorables presentes en diferentes genotipos en un solo genotipo, en forma muy rápida y también generar nueva variabilidad genética.

Este proceso consiste en seleccionar los progenitores (pueden ser diferentes variedades, ecotipos, accesiones y líneas avanzadas), se realizan cruzamientos artificiales (identificación de progenitores según objetivos del mejoramiento), preparación de la planta madre, emasculación consecutiva por 10 a 14 días sin causar lesión en el gineceo ni roturas en los sacos polínicos, recolección de polen de la planta padre, polinización con el polen sobre la flor emasculada, aislamiento con sobre de papel tipo glassine.

A la madurez fisiológica se cosechan individualmente y la semilla se conserva en bolsas separadas y registradas adecuadamente; es un método muy laborioso y a veces dificultoso (Burgos, 2018).

3.11 Obtención de líneas

Márquez (1988), indica que la línea pura es la progenie de un individuo en el momento en que es considerada homocigótica, de manera que, de esa generación en adelante, los individuos reproductores pueden ser elegidos para que gocen de amplia adaptabilidad a condiciones del medio ambiente espaciales y temporales, que es de enorme importancia en el mejoramiento de las plantas autógamias. Las consideraciones a tomar en cuenta son las características cualitativas y el rendimiento que son de prioridad, apuntan a satisfacer las exigencias comerciales, cuando son declaradas como las variedades mejoradas.

Bonifacio y Espíndola (1992) señalan que los trabajos de mejoramiento, permiten la obtención de progenies sobresalientes, las mismas 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.

También 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.

3.12 Origen de las variedades

Cubero (2016), señala que lo que hoy llamamos 'planta cultivada' es una *planta modificada* a favor de las necesidades del hombre y que es inexistente como tal en la naturaleza; la agricultura pudo fundamentarse porque las modificaciones producidas en el material silvestre se transmitieron de generación en generación, aunque el

hombre no supiera la razón, esta transmisión genética en diferentes ambientes climáticos, edáficos y culturales es la que da lugar a las variedades y razas locales.

El mismo autor menciona que la selección automática produjo las primeras “variedades”, casi idénticas a sus padres silvestres, pero ya distintas en caracteres fundamentales, con su reproducción controlada por el hombre, esto es, domesticada.

3.13 Presión de selección y Diferencial de selección

3.13.1 Presión de selección (P)

La presión de selección se refiere al porcentaje de plantas de una población que se van a seleccionar de acuerdo con los caracteres agronómicos deseables del ideotipo óptimo en la formación de nuevas variedades.

3.13.2 Diferencial de selección (DS)

Camarena *et al.*, (2014), señala que el diferencial de selección es una medida de la superioridad de los progenitores seleccionados. Se define como la desviación con respecto a la media de la población de individuos seleccionados como progenitores con respecto a la población original.

El diferencial de selección es igual a la diferencia entre la media de la población base y media de los padres seleccionados. Se puede expresar de la siguiente forma:

$$DS = \mu_s - \mu_f$$

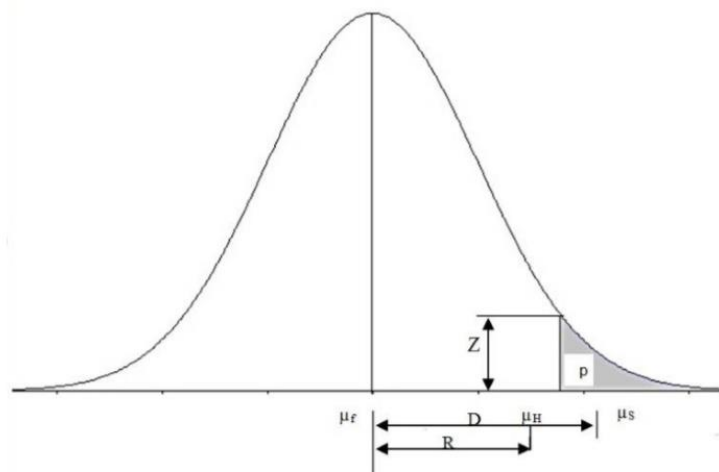


Figura 4: Diferencial de selección y respuesta a la selección (Camarena *et al.*, 2014)

3.14 Mildiu de la quinua

Choi *et al.* (2010) menciona que el mildiu es la enfermedad más importante de la quinua y es causado por *Peronospora variabilis* Gäum de la clase Oomycota, orden Peronosporales, familia Peronosporaceae.

Se presenta como pequeñas manchas de forma irregular y que van creciendo a medida que la enfermedad se desarrolla. Esta coloración puede ser clorótica o amarilla, rosada, rojiza dependiendo del ecotipo de quinua, en el envés de las hojas se observa un micelio de color gris violáceo, siendo bastante abundante en los ecotipos de quinua susceptibles. Si bien, es más frecuente en las hojas, los síntomas se pueden observar en tallos, ramas y panojas.

El factor más importante que contribuye al desarrollo del mildiu son las condiciones ambientales; temperaturas frescas y humedad relativa alta; son factores determinantes para el crecimiento del patógeno y la diseminación de la enfermedad (Plata *et al.*, 2014).

4 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en los predios del centro de investigación K'iphak'iphani que es dependiente de la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos), y está ubicada en el municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz.



Figura 5: Localización del Centro de Investigación K'iphak'iphani, Municipio de Viacha del Departamento de La Paz

4.1 Ubicación geográfica

K'iphak'iphani geográficamente se encuentra situada a 16°40'30" de latitud sur y 68°17'68" de longitud oeste y a una altitud de 3880 m.s.n.m. y se encuentra ubicada a 4 km al sur de la población de Viacha.

4.2 Características generales de la zona de estudio

4.2.1 Clima

Según SENAMHI (2014), la precipitación anual en esta zona es de 544 mm, de esta el 60% corresponde a los meses de diciembre a marzo, el 40% de abril a noviembre, en verano la temperatura mínima en las noches varía entre 3 a -5°C y durante el día alcanza los 23°C como máxima, alcanzando una temperatura promedio de 18°C. una característica importante que se debe considerar en la zona son las heladas que son frecuentes durante el invierno.

4.2.2 Fisiografía y suelos

Esta zona corresponde al paisaje planicie, no anegadizo con una pendiente suave de 0.56% de micro relieve, ondulación muy ligera, con un drenaje externo de 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 de material orgánico e inorgánico.

4.2.3 Vegetación

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

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material vegetal (genético)

En el Cuadro 1, se detalla el número de plantas obtenidas por selección multicriterio en seis progenies F₂ proveniente de cruzamientos de quinua de la costa y del altiplano. La progenie de este material seleccionado fue objeto de evaluación.

Cuadro 1: Número de plantas por cruce en la investigación

| PROGENIE | Nro. de plantas seleccionadas |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| LCP x F ₆ (80) | 19 plantas |
| LCP x F ₁₀ (10) | 23 plantas |
| LCV x Blanquita | 19 plantas |
| LCR x F ₁₀ (71) | 15 plantas |
| LCT x Kurmi | 17 plantas |
| LCR x F ₁₀ (127) | 21 plantas |

5.1.2 Material de campo

- Pala
- Picota
- Rastrillo
- Carretilla
- Regadera
- Manguera
- Chuntilla
- Termómetro de temperaturas máximas y mínimas
- Mochila fumigadora (20 l)
- Regla
- Flexómetro
- Tijera de podar
- Cordel
- Bolsitas individuales
- Marbetes
- Marcador
- Lona, bañadores y platos

5.1.3 Material de laboratorio

- Vernier digital
- Piseta, tubo de ensayo

5.1.4 Material de gabinete

- Cámara fotográfica
- Computadora (con programa estadístico)

- Cuaderno de apuntes
- Planilla de datos
- Calculadora

5.2 Metodología

5.2.1 Preparación del terreno

Previo a la siembra se realizó la preparación del suelo, se realizó la remoción a una profundidad de 30 cm con la ayuda de picotas, posteriormente se procedió con el mullido y nivelado del suelo con la ayuda de palas y rastrillo. Se incorporó abono para un mejor desarrollo del cultivo y posterior a ello se realizaron surcos con 0.5 m de separación entre sí en función al diseño de investigación (Anexo 15).

5.2.2 Riego

Se realizó el riego de cada surco con mangueras para que las semillas de quinua tengan la humedad suficiente para poder germinar y también se facilite su emergencia.

5.2.3 Selección de semilla

La selección se inició en la progenie F_2 , considerando los siguientes caracteres: resistencia al mildiu, altura de planta y tamaño de grano. El método de selección utilizado fue el de selección individual con registro de progenitores y progenies.

5.2.4 Siembra

Las semillas de las plantas seleccionadas en la F_2 fueron sembradas en los ambientes de walipini donde se evaluó la prueba de la progenie por los caracteres seleccionados. La siembra se realizó en dos fechas para facilitar la toma de datos del experimento.

Primeramente, se realizó la apertura de los surcos con la ayuda de chuntillas, posteriormente se procedió a regar los mismos para que la semilla tenga buena humedad y esto le facilite al proceso de germinación y emergencia de las plántulas.

Se realizó la alineación del surco con ayuda de un palo para que la hilera quede recta; la semilla se puso de manera directa en los surcos distribuidas en chorro continuo y posteriormente se procedió a tapar los surcos con la ayuda de un rastrillo de forma delicada para no obstruir la emergencia de las plántulas (Anexo 16).

La primera siembra se realizó en fecha 9 de agosto de las progenies: LCP x F₁₀(10) y LCP x F₆(80) y para dar continuidad la segunda siembra se realizó en fecha 22 de agosto de las progenies restantes que son: LCT x Kurmi, LCR x F₁₀(71), LCR x F₁₀(127) y LCV x Blanquita.

5.2.5 Labores culturales

Una vez que las plántulas ya emergieron y alcanzaron la fase de las seis hojas verdaderas, se realizaron las labores culturales para contribuir al desarrollo correcto de las mismas, estas fueron:

- **Control de malezas**

Se realizó el control de malezas de forma manual y de manera oportuna para evitar que haya competencia de absorción de nutrientes y captación de luz solar entre el cultivo y plantas ajenas al mismo, la incidencia de malezas fue baja, por lo que solo se realizó en la fase de 6 hojas verdaderas y en la fase de ramificación del cultivo.

- **Raleo y aporque**

Se realizó el raleo (eliminación de plantas) para evitar la densidad de plantas en el surco y de esta forma evitar la competencia de agua, luz y nutrientes, eliminando las plántulas pequeñas y débiles; posteriormente se realizó el aporque 45 días después de la siembra para proporcionar un mejor soporte a las plantas (Anexo 18).

- **Colocación de marbetes a las muestras**

El colocado de marbetes se realizó eligiendo 6 plantas al azar por cada bloque y tratamiento; de esta forma se facilitó la toma de datos de las muestras (Anexo18).

- **Control de plagas**

Se observó la presencia de la larva de la mosca (*Delia platura*), en la segunda semana después de la siembra, que ocasionó daños y baja población de plántulas; para el control respectivo se realizó el asperjado con insecticida Karate y adherente Gomax en una relación de 2:1 (5:2.5 ml) en 5 litros de agua, se aplicó dos veces, la segunda aplicación se realizó cinco días después de la primera.

- **Riego**

El riego se realizó con bastante frecuencia ya que uno de los objetivos era seleccionar plantas por su resistencia al ataque de mildiu (*Peronospora sp.*), para ello se emplearon regaderas en las primeras etapas del cultivo y posteriormente se utilizó mangueras para facilitar el riego.

5.2.6 Cosecha

La cosecha se realizó de manera manual, con la ayuda de tijera podadora de acuerdo a la madurez fisiológica, se observó que a la presión de los granos de quinua con las uñas estos no se deformen y presenten una consistencia dura. Después de cosechar las plantas se procedió a separar en lonas por surco para facilitar el secado de las mismas (Anexo 18).

5.2.7 Trilla y limpieza del grano

La trilla y limpieza del grano se realizó después del secado de las panojas; se trilló las panojas de las plantas manera individual y posteriormente se procedió a realizar la limpieza del grano con ayuda del viento empleando para ello bañadores y platos. Una vez trillado y limpiado el grano se separó en bolsas individuales.

5.3 Diseño experimental

El análisis estadístico de las variables agronómicas en este trabajo de investigación se realizó bajo el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBA) con tres repeticiones por tratamiento.

5.3.1 Modelo lineal aditivo

Se utilizó el siguiente modelo lineal aditivo (Ochoa, 2009):

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

Donde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

α_i = Efecto el i-ésimo tratamiento (planta individual de cada progenie)

ε_{ij} = Error experimental

5.3.2 Croquis experimental



Figura 6: Croquis experimental

5.4 Variables de respuesta

5.4.1 Porcentaje de emergencia

Para evaluar el porcentaje de emergencia se realizó por observación directa de plántulas emergidas con los cotiledones visibles en la longitud del surco, a partir del cuarto día después de la siembra.

5.4.2 Altura de planta (cm)

La variable de altura de planta se registró con la ayuda de un flexómetro, se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la planta; se tomó en cuenta 6 plantas por unidad experimental. Esta variable se empezó a registrar desde el día 25 después de la siembra, cada 10 días hasta el momento de la cosecha.

5.4.3 Longitud de panoja (cm)

La longitud de panoja se registró en la etapa de madurez fisiológica del cultivo, se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma con la ayuda de un flexómetro.

5.4.4 Diámetro de panoja (cm)

Para el registro del diámetro de panoja de las unidades experimentales se utilizó un flexómetro, esta medición se realizó en el tercio medio inferior de la panoja y se expresó en cm.

5.4.5 Diámetro de grano (mm)

Para el registro del diámetro de grano se tomó 6 granos al azar de cada muestra de las unidades experimentales, se midió con la ayuda de un vernier digital graduado en milímetros (Anexo 18).

5.4.6 Severidad del ataque de mildiu

La selección de plantas se inició en la progenie F₂, considerando los siguientes caracteres: resistencia al mildiu, altura de planta y tamaño de grano. El método utilizado fue el de selección individual con registro de progenitores y progenies.

5.4.7 Presión de selección (P)

Para la selección de la semilla se ha considerado como factor de interés plantas con mayor tamaño de grano diferenciando la presencia o ausencia de saponina.

5.4.8 Diferencial de selección (DS)

Para determinar el diferencial de selección se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Diferencial de selección} = \text{media poblacion original} - \text{media individuos seleccionados}$$

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Temperatura

La variación de temperatura en los walipinis durante el desarrollo del cultivo alcanzó una temperatura máxima de 30.4°C y una mínima de 4.24°C con una media de 17.34°C que se mantuvo similar durante el ciclo del cultivo.

La quinua es un cultivo que se caracteriza por ser muy tolerante a factores climáticos adversos; pues, se adapta a climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, pudiendo así soportar temperaturas desde -8°C hasta 38°C (Aspagro, 2019).

Pinto-Irish, K. (2020), destaca lo siguiente: “La quinua es un cultivo resiliente, capaz de sobrevivir y adaptarse a diferentes condiciones y por esto, podría ser el tipo de cultivo que requeriremos en el futuro, cuando las condiciones ambientales sean desfavorables.

La producción de quinua en los valles de Cochabamba ayuda a adaptar la semilla a las condiciones de humedad y temperatura que existen en la región del trópico boliviano; para posteriormente ser trasladadas a Santa Cruz con el objetivo de expandir la producción de la quinua (Opinión, 2021).

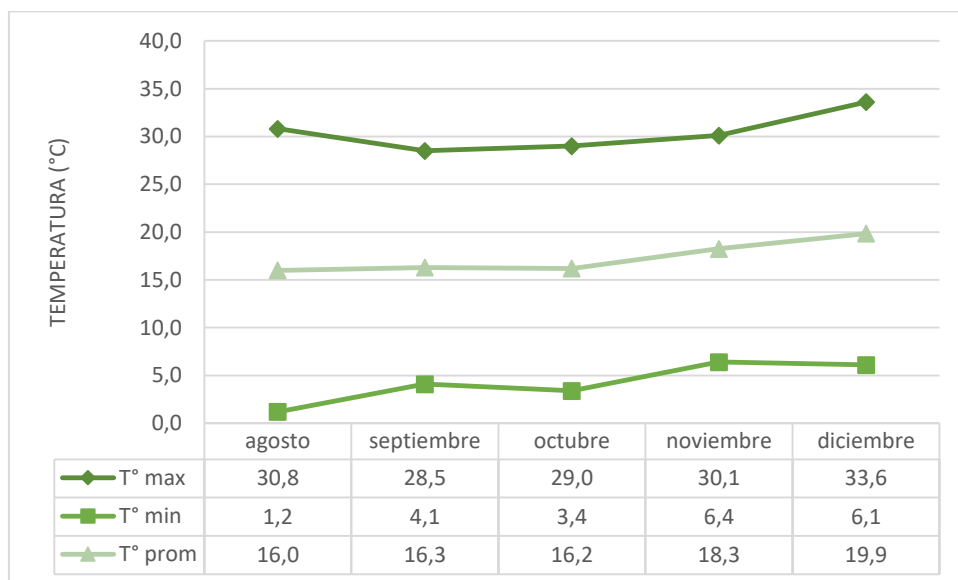


Figura 7: Temperaturas máximas, mínimas y promedio durante el ciclo de cultivo

6.2 Humedad

La variación de humedad dentro de los ambientes de walipini que se registraron durante el ciclo del cultivo fue de 73.8% como máxima, 20.2% la mínima y una media de 47.0%. En el mes de agosto se registró la humedad relativa máxima y mínima más baja que fue de 58.4% y 39.2% respectivamente; y en el mes de octubre se registró la humedad máxima y mínima más altas con promedios de 83.0% y 51.6% respectivamente.

La quinua, aparte de ser un cultivo que resiste temperaturas extremas, se puede desarrollar en ambientes con humedades relativas que van desde 40% hasta 88% (Aspagro, 2019).

FAO (2011) menciona que la quinua es uno de los pocos cultivos que se desarrolla sin muchos inconvenientes en las condiciones extremas de clima y suelos. La gran adaptación a las variaciones climáticas y su eficiente uso de agua convierten a la quinua en una excelente alternativa de cultivo frente al cambio climático que está alterando el calendario agrícola y provocando temperaturas cada vez más extremas.

Gandarillas *et al.* (2013) mencionan que la quinua se cultiva tradicionalmente en todos los valles como cerco a los cultivos de maíz y papa; sin embargo, en los últimos años existe mayor interés, se tiene referencia de que productores del Valle Alto de Cochabamba han producido quinua con éxito empleando variedades mejoradas como Kurmi, Blanquita y Jacha Grano. Donde la temperatura máxima oscila entre 24 y 28°C durante todo el año, la temperatura mínima oscila entre 3 y 11°C, registrando las temperaturas más bajas en los meses de junio y julio.

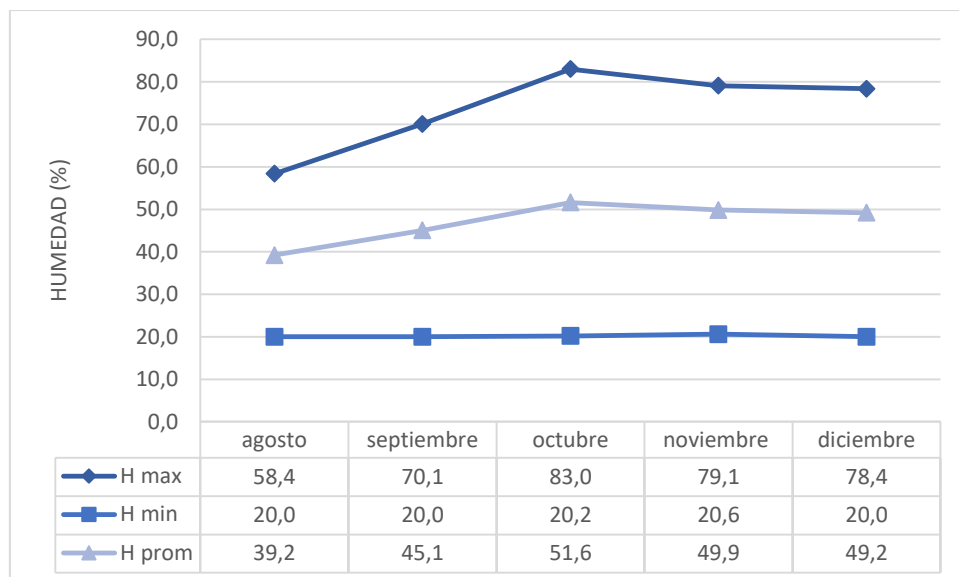


Figura 8: Humedad relativa del ambiente durante el ciclo de cultivo

6.3 Porcentaje de emergencia

En la Figura 9, se puede observar el porcentaje de emergencia de las progenies, donde las plántulas emergieron a partir del cuarto día después de la siembra; también se observa que las progenies LCP x F₆(80), LCR x F₁₀(71) y LCT x Kurmi lograron 99.11%, 98.00% y 95.33% de emergencia respectivamente en tres días; por otra parte, se observa a las progenies LCP x F₁₀(10), LCV x Blanquita y LCR x F₁₀(127) con 96.33%, 92.60% y 98.40% de emergencia respectivamente en un periodo de cuatro días.

Según Gómez y Aguilar (2016), el rango de días a la germinación de la semilla de quinua en la costa puede variar de entre 3 a 8 días; el promedio es de 5 días. Las semillas de quinua en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura pueden germinar muy rápidamente.

Montes *et al.* (2016), en la investigación realizada en el departamento de Cauca, municipio de Puracé (Colombia); reportan un promedio de tres días para la emergencia de la quinua en los ecotipos Blanca de Jericó, Aurora, Punto rojo y Tunkahuan; se toma esta referencia debido a que Puracé tiene un clima ecuatorial; suele ser (muy) caluroso, húmedo y lluvioso durante todo el año. La temperatura media anual es de 34°C y la precipitación media anual es 1994 mm, la humedad media es del 67%.

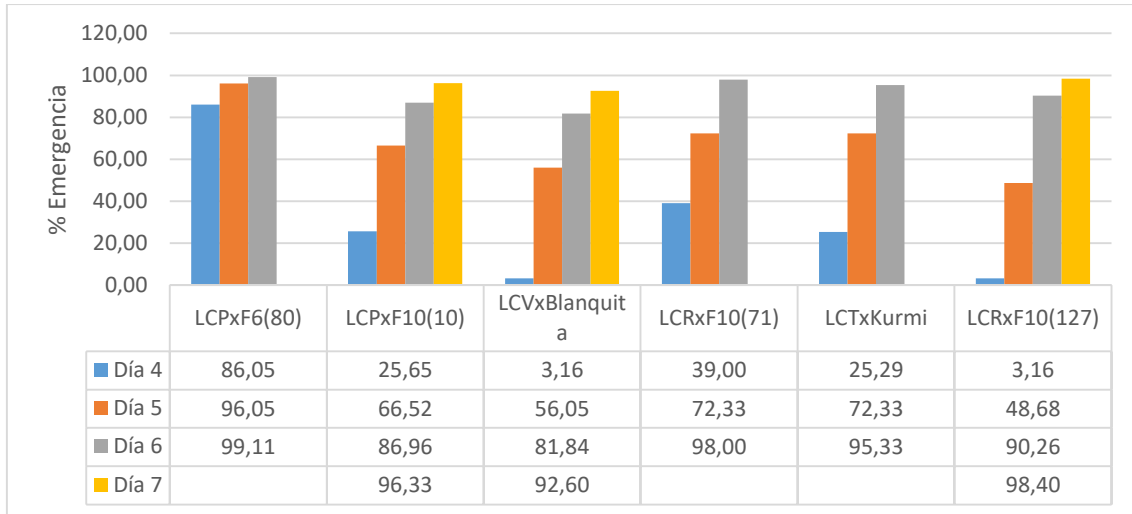


Figura 9: Porcentaje de emergencia en las progenies LCP x F₆(80), LCP x F₁₀(10), LCV x Blanquita, LCR x F₁₀(71), LCT x Kurmi y LCR x F₁₀(127)

6.4 Altura de planta

En la Figura 10 se puede observar el promedio de crecimiento de las progenies durante el desarrollo de la investigación. Estos datos corresponden a un intervalo de 10 días, iniciando al día 25 después de la siembra hasta el momento de la cosecha.

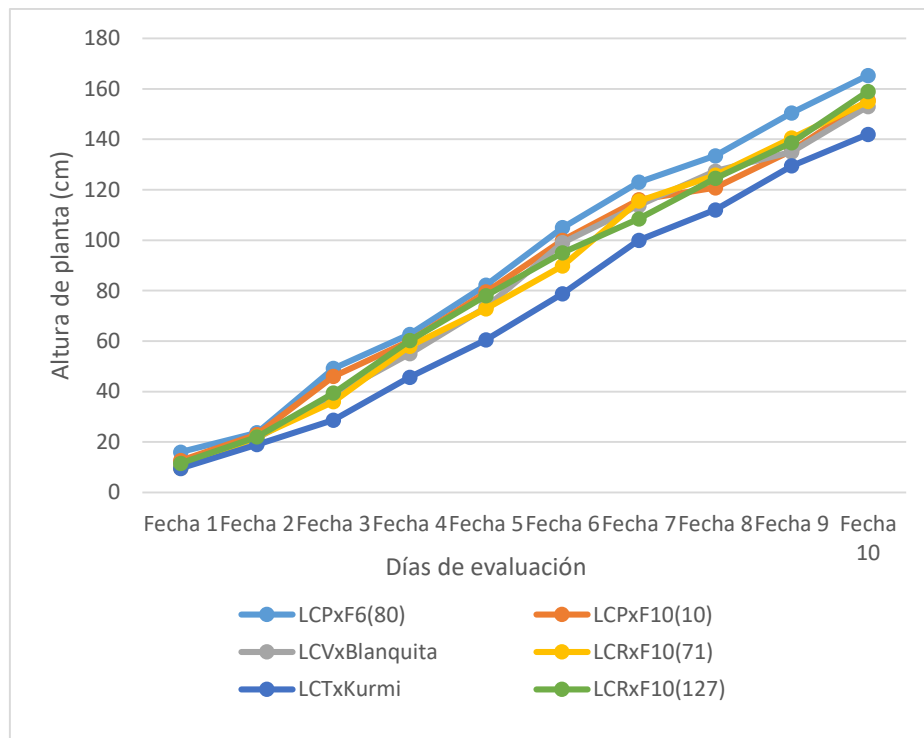


Figura 10: Curva de crecimiento de las progenies F₃

Las plantas descendientes de las progenies crecieron en forma similar y de forma ascendente hasta la fecha de lectura número 7, luego la altura de planta presenta una inflexión que tiende hacia un menor crecimiento, lo cual se atribuye al ingreso de las plantas a la fase de madurez.

Con los datos registrados se procedió a efectuar el respectivo análisis de varianza, como se observa a continuación:

- **LCP x F₆(80)**

El análisis de varianza realizado para la variable altura de planta (Cuadro 2), indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0.0001$), lo que quiere decir que existe influencia del desnivel del techo del ambiente para el ingreso de la luz solar. Así mismo, se evidencia diferencias altamente significativas entre plantas individuales ($p < 0.0001$) lo cual indica que cada planta tiene características propias en relación a la altura de planta. El coeficiente de variación tiene un valor de 1.14%, que indica que los datos son confiables y aceptables.

Cuadro 2: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCP x F₆(80)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|---------|--------|---------|------------|
| Planta Ind. | 18 | 9496.56 | 527.59 | 157.70 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 259.12 | 129.56 | 38.75 | <0.0001 ** |
| Error | 36 | 120.37 | 3.34 | | |
| Total | 56 | 9876.05 | | | |

CV= 1.14% (**) Altamente Significativo

- **LCP x F₁₀(10)**

El análisis de varianza realizado para la variable altura de planta (Cuadro 3), indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) lo que significa que existe influencia del desnivel del techo del walipini para el crecimiento de las plantas; entre plantas de la progenie se observan diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), esto quiere decir que el desarrollo vegetativo de plantas individuales respecto a la altura de planta no es igual. El coeficiente de variación indica un valor de 3.47%; por lo tanto, estos datos se consideran confiables y aceptables.

Cuadro 3: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCP x F₁₀(10)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|----------|---------|---------|-----------|
| Planta Ind. | 22 | 15432,07 | 701,46 | 27.20 | <0.0001** |
| Bloque | 2 | 2491,69 | 1245,84 | 48.31 | <0.0001** |
| Error | 44 | 1134,61 | 25,79 | | |
| Total | 68 | 19058,37 | | | |

CV= 3.47% (**) Altamente Significativo

- **LCV x Blanquita**

El análisis de varianza realizado para la variable altura de planta (Cuadro 4) para la progenie LCV x Blanquita, indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) es decir que el crecimiento de las plantas está influenciado por las condiciones del ambiente; lo propio sucede entre plantas individuales ($p < 0,0001$), lo que se puede resumir en que el crecimiento de las plantas de la progenie está dado por las características propias de cada planta. El coeficiente de variación registra un valor de 1.89%, lo que indica que estos datos son confiables y aceptables.

Cuadro 4: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCV x Blanquita

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|---------|--------|---------|------------|
| Planta Ind. | 18 | 2990.90 | 166.16 | 19.83 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 1425.55 | 707.78 | 84.47 | <0.0001 ** |
| Error | 36 | 301.63 | 8.38 | | |
| Total | 56 | 4708.08 | | | |

CV= 1.89% (**) Altamente Significativo

- **LCR x F₁₀(71)**

El análisis de varianza para la variable altura de planta en la cruza LCR x F₁₀(71) (Cuadro 5), indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) y entre plantas individuales de igual manera ($p < 0,0001$). Esto significa que influye la media agua del techo en la altura de plantas y que sobresalen las características propias de cada individuo en su desarrollo vegetativo.

El coeficiente de variación registra un valor de 0.65%, lo que significa que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 5: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCR x F₁₀(71)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|--------|--------|---------|------------|
| Planta Ind. | 14 | 414.02 | 29.57 | 28.76 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 375.24 | 187.62 | 182.47 | <0.0001 ** |
| Error | 28 | 28.79 | 1.03 | | |
| Total | 44 | 818.06 | | | |

CV=0.65% (**) Altamente Significativo

- **LCT x Kurmi**

El análisis de varianza realizado para la variable altura de planta en LCT x Kurmi (Cuadro 6), indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) y de igual manera entre plantas individuales ($p < 0,0001$); lo que indica que influye las condiciones de la media agua del ambiente protegido y también es visible el desarrollo de las plantas individuales por las características propias de cada una. El coeficiente de variación tiene un valor de 0.52% lo cual indica que es un valor confiable y aceptable.

Cuadro 6: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCT x Kurmi

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|---------|--------|---------|------------|
| Planta Ind. | 16 | 942.63 | 58.91 | 96.57 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 272.09 | 136.05 | 222.99 | <0.0001 ** |
| Error | 32 | 19.52 | 0.61 | | |
| Total | 50 | 1234.24 | | | |

CV= 0.52% (**) Altamente Significativo

- **LCR x F₁₀(127)**

El análisis de varianza para la variable altura de planta en LCR x F₁₀(127) (Cuadro 7), muestra que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$), lo que indica que la media agua del techo influye sobre la altura de planta; por otra parte,

también se observa que existen diferencias altamente significativas entre plantas individuales ($p < 0,0001$) respecto a la altura de planta. El coeficiente de variación registra un valor de 0.59%, que se puede considerar como un dato confiable y aceptable.

Cuadro 7: Análisis de varianza para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica en LCR x F₁₀(127)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|---------|--------|---------|------------|
| Planta Ind. | 20 | 482.71 | 24.14 | 27.41 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 685.13 | 342.57 | 389.00 | <0.0001 ** |
| Error | 40 | 35.23 | 0.88 | | |
| Total | 62 | 1203.07 | | | |

CV=0.59%

(**) Altamente Significativo

Al existir diferencias altamente significativas entre plantas individuales de cada cruce, se realizó la respectiva prueba de comparación de medias Duncan para observar con mayor detalle las diferencias entre las progenies (Cuadro 8).

En plantas de la cruce LCP x F₆(80) se llega a identificar ocho grupos; donde el primer grupo se conforma de seis plantas con medias similares. La mayor diferencia se observa entre S14 que tiene el grupo de plantas de mayor altura y S1 que tiene el grupo de plantas con menor altura, registrando medias de 171.23 cm y 113.47 cm respectivamente.

En las plantas de la cruce LCP x F₁₀(10) se forman doce grupos con medias estadísticamente diferentes; donde el grupo A está formado por S5, S9 y S7 con medias de 175.40 cm, 172.67 cm y 160.63 cm respectivamente. Por otro lado, el último grupo está formado por el grupo de plantas de S16 con una media de 116.40cm.

En la cruce LCV x Blanquita, se observa la formación de siete grupos, estos grupos tienen medias en común; pero se observan diferencias altamente significativas entre individuos. Tal es el caso de S3 y S17 que registraron medias de 162.37 cm y 140.33 cm respectivamente; donde existe una diferencia de 22.4 cm en altura de planta.

La cruce LCR x F₁₀(71) está conformada por siete grupos; donde el grupo A está formado únicamente por S3 que alcanzó una media de 160.70 cm registrándose como

el grupo de plantas con mayor promedio de altitud, y en el último grupo se tiene a S15 que alcanzó un promedio de 147.70 cm considerándose como el grupo de plantas de menor altitud.

En la cruce LCT x Kurmi se observa la formación de siete grupos, donde se observa que las diferencias no son mayores entre los grupos; pero se existe una diferencia marcada entre S14 y S4 que son ambos extremos de la comparación y registran medias de 157.87 cm y 145.90 cm respectivamente. El rango de promedio de altura de planta varía desde 157.87 cm y 145.90 cm teniendo un promedio de 151.66 en todo el grupo de plantas de la progenie.

La cruce LCR x $F_{10}(127)$ se divide en siete grupos, donde las diferencias entre plantas individuales no son muy marcadas, ya que se comparten medias similares entre grupos; pero si existe diferencias entre el primer y el último grupo de dichas plantas que son S1 y S19 con medias de 163.63 cm y 152.10 cm respectivamente en cuanto a la altura de planta.

Cuadro 8: Prueba de medias Duncan para la variable Altura de planta a la madurez fisiológica

| LCP x F ₆ (80) | | | LCP x F ₁₀ (10) | | | LCV x Blanquita | | | LCR x F ₁₀ (71) | | | LCT x Kurmi | | | LCR x F ₁₀ (127) | | |
|---------------------------|--------|-------|----------------------------|--------|-------|-----------------|--------|-------|----------------------------|--------|-------|-------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|
| Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo |
| S14 | 171.23 | A | S5 | 175.40 | A | S3 | 162.37 | A | S3 | 160.70 | A | S14 | 157.87 | A | S1 | 163.60 | A |
| S12 | 170.93 | A | S9 | 172.67 | AB | S1 | 161.03 | AB | S13 | 158.33 | B | S15 | 157.67 | AB | S21 | 162.47 | AB |
| S13 | 170.47 | AB | S7 | 170.63 | AB | S2 | 160.67 | AB | S10 | 158.27 | B | S10 | 157.50 | AB | S11 | 162.30 | AB |
| S11 | 169.90 | AB | S8 | 165.13 | BC | S10 | 160.37 | AB | S12 | 157.03 | BC | S6 | 156.33 | BC | S6 | 161.63 | BC |
| S15 | 169.23 | AB | S6 | 158.97 | CD | S9 | 159.77 | ABC | S7 | 156.87 | BC | S2 | 155.70 | C | S3 | 161.60 | BC |
| S16 | 167.97 | ABC | S10 | 157.67 | CDE | S6 | 159.17 | ABCD | S9 | 156.60 | BC | S3 | 155.70 | C | S8 | 161.43 | BC |
| S17 | 167.37 | BC | S20 | 151.10 | DEF | S11 | 158.90 | ABCD | S14 | 156.37 | C | S7 | 153.50 | D | S4 | 160.17 | CD |
| S18 | 165.77 | CD | S21 | 150.93 | DEF | S8 | 156.93 | ABCDE | S11 | 156.07 | C | S8 | 153.37 | D | S17 | 160.03 | CD |
| S19 | 164.07 | DE | S11 | 149.67 | EF | S4 | 156.60 | BCDE | S1 | 155.60 | CD | S13 | 149.27 | E | S2 | 160.00 | CD |
| S9 | 163.77 | DE | S3 | 146.33 | FG | S16 | 154.87 | CDE | S5 | 155.50 | CD | S17 | 149.23 | E | S9 | 159.50 | DE |
| S8 | 163.50 | DE | S18 | 146.23 | FG | S15 | 154.07 | DE | S4 | 154.20 | DE | S16 | 148.93 | E | S14 | 159.37 | DE |
| S10 | 163.00 | DE | S15 | 145.73 | FG | S5 | 153.17 | E | S6 | 152.77 | EF | S5 | 148.67 | E | S5 | 159.10 | DE |
| S7 | 161.57 | E | S13 | 144.10 | FGH | S7 | 151.87 | E | S2 | 152.70 | EF | S11 | 148.23 | EF | S16 | 158.28 | EF |
| S2 | 157.67 | F | S4 | 143.47 | FGHI | S14 | 151.77 | E | S8 | 152.17 | F | S12 | 147.10 | FG | S7 | 156.83 | FG |
| S6 | 157.50 | F | S22 | 143.37 | FGHI | S12 | 145.73 | F | S15 | 147.70 | G | S1 | 146.87 | G | S15 | 156.77 | FG |
| S3 | 154.03 | G | S19 | 138.30 | GHIJ | S13 | 145.70 | F | | | | S9 | 146.37 | G | S10 | 156.67 | FG |
| S4 | 149.67 | H | S17 | 135.63 | HIJ | S18 | 140.63 | G | | | | S4 | 145.90 | G | S20 | 156.53 | FG |
| S5 | 149.60 | H | S23 | 134.57 | IJK | S19 | 140.33 | G | | | | | | | S18 | 156.30 | G |
| S1 | 113.47 | I | S1 | 134.50 | IJK | S17 | 140.33 | G | | | | | | | S12 | 156.27 | G |
| | | | S12 | 131.03 | JK | | | | | | | | | | S13 | 155.93 | G |
| | | | S14 | 129.47 | JK | | | | | | | | | | S19 | 152.10 | H |
| | | | S2 | 125.73 | K | | | | | | | | | | | | |
| | | | S16 | 116.40 | L | | | | | | | | | | | | |

Gandarillas (1984), citado por Gandarillas y Bonifacio (1992), mencionan que la altura de planta es un carácter variable, siendo por lo general más altas en los valles, el norte del Perú y Ecuador. Hablando en términos de raza, los números típicos que se estudiaron en la Estación Experimental de Patacamaya, que se encuentra a una altura de 3780 metros sobre el nivel del mar son: variación de altura entre 0.70 y 1.40 metros.

Respecto a la altura de planta Rojas *et al.* (2010), indican que la altura de planta en el cultivo de quinua puede variar de 100 cm a 200 cm de altura dependiendo de la variedad y su adaptación a las diferentes condiciones edafoclimáticas.

Según Gabriel *et al.* (2013); en la investigación realizada en quinua del valle se registró un promedio de 145.00 cm en altura de planta y además el rango de variación fue de 119.00 cm a 171.00 cm; también explica que los menores promedios alcanzados eran de líneas procedentes del departamento de La Paz y las líneas de mayor altura eran procedentes el Valle alto de Cochabamba.

Los resultados de este trabajo que fue realizado en ambiente controlado, se aproximan a los rangos mencionados por Gabriel *et al.* (2013); ya que se registraron medias en altura de planta que van desde 142.50 cm a 160.56 cm. También se observa que LCP x F₆(80) registró las plantas de mayor altura en un rango de 113.47 cm a 171.23 cm; por otro lado, se observa que las plantas de menor altura se registran en LCT x Kurmi con variaciones que van desde 145.90 cm hasta 157.87 cm.

Al trabajarse en un ambiente controlado como es el walipini, pueden variar los rangos de altura de planta respecto de las plantas de quinua cultivada en los valles de Cochabamba, debido a que las condiciones ambientales no son las mismas, ya que un ambiente protegido es más uniforme en cuanto a temperatura y humedad.

Para una mejor interpretación de estos datos, el resumen de los resultados expresados referente a la variable altura de planta para las diferentes progenies se expresan en el siguiente cuadro:

Cuadro 9: Resumen de datos de la variable Altura de planta

| PROGENIE | Rango de altura (cm) | Promedio (cm) |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| LCP x F₆(80) | 113.47 - 171.23 | 160.56 |
| LCP x F₁₀(10) | 116.40 - 175.40 | 147.70 |
| LCV x Blanquita | 140.33 - 162.37 | 153.42 |
| LCR x F₁₀(71) | 147.10 - 160.70 | 155.39 |
| LCT x Kurmi | 145.90 - 157.87 | 142.50 |
| LCR x F₁₀(127) | 152.10 - 163.60 | 158.90 |

6.5 Longitud de panoja

- **LCP x F₆(80)**

El análisis de varianza que corresponde a la variable longitud de panoja al momento de la cosecha para LCP x F₆(80) que se observa en el Cuadro 10, muestra que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) esto puede ser influenciado por el desnivel que tiene el walipini para el ingreso de la luz solar, la parte más alta recibe mayor ingreso de luz y viceversa; así mismo estos resultados indican que existen diferencias altamente significativas para la diferencia entre medias de longitud de panoja ($p < 0,0001$) de las plantas individuales.

El coeficiente de variación fue de 8.06%, que se considera un valor confiable y aceptable en este tipo de ensayos.

Cuadro 10: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCP x F₆(80)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| Planta Ind. | 18 | 885.69 | 49.20 | 11.83 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 576.24 | 288.12 | 69.29 | <0.0001 ** |
| Error | 36 | 149.69 | 4.16 | | |
| Total | 56 | 1611.61 | | | |

CV=8.06%

(**) Altamente significativo

- **LCP x F₁₀(10)**

En el Cuadro 11, se observa el análisis de varianza que corresponde a la variable longitud de panoja para LCP x F₁₀(10) indica que existen diferencias altamente

significativas entre bloques ($p < 0,0001$); de igual manera se observan diferencias altamente significativas entre plantas individuales ($p < 0,0001$) tomando en cuenta las medias de longitud de panoja de las mismas.

El coeficiente de variación tiene un valor de 10.24% que se considera un valor confiable y aceptable.

Cuadro 11: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCP x F₁₀(10)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| Planta Ind. | 22 | 849.12 | 38.60 | 6.62 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 491.24 | 245.62 | 42.13 | <0.0001 ** |
| Error | 44 | 256.52 | 5.83 | | |
| Total | 68 | 1596.88 | | | |

CV=10.24% (**) Altamente significativo

- **LCV x Blanquita**

En el Cuadro 12, se observa el análisis de varianza que corresponde a la variable longitud de panoja para LCV x Blanquita e indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$), lo que quiere decir que la media agua del techo influye en el desarrollo vegetativo de las plantas; así mismo, se observan diferencias altamente significativas entre plantas individuales ($p < 0,0001$) con respecto a las medias de longitud de panoja de las cruza.

El coeficiente de variación tiene un valor de 10.58% que se considera un valor confiable e indica un buen manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 12: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCV x Blanquita

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| Planta Ind. | 18 | 511.28 | 28.40 | 9.54 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 290.18 | 145.09 | 48.76 | <0.0001 ** |
| Error | 36 | 107.13 | 2.98 | | |
| Total | 56 | 908.59 | | | |

CV=10.58% (**) Altamente significativo

- **LCR x F₁₀(71)**

El análisis de varianza realizado para la variable longitud de panoja (Cuadro 13), en LCR x F₁₀(71) indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) y se explica que la media agua del techo influye en el desarrollo vegetativo de las plantas y específicamente en la longitud de panoja en este ensayo, de igual manera para las plantas individuales se observan diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,0001$).

Cuadro 13: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCR x F₁₀(71)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|--------|--------|---------|------------|
| Planta Ind. | 14 | 229.51 | 16.39 | 6.45 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 300.31 | 150.15 | 59.05 | <0.0001 ** |
| Error | 28 | 71.20 | 2.54 | | |
| Total | 44 | 601.03 | | | |

CV=12.56% (**) Altamente significativo

- **LCT x Kurmi**

Según el análisis de varianza (Cuadro 14), que corresponde a la variable longitud de panoja en plantas individuales de LCT x Kurmi indican que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) y que existe influencia de la media agua del techo en el desarrollo de las plantas; de la misma forma se observan diferencias de tamaño de longitud de panoja entre las plantas individuales ($p < 0,0001$).

El coeficiente de variación tiene un valor de 9.64%, mismo que se considera valor confiable para manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 14: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCT x Kurmi

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|--------|-------|---------|------------|
| Planta Ind. | 16 | 139.67 | 8.73 | 5.32 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 178.54 | 89.27 | 54.43 | <0.0001 ** |
| Error | 32 | 52,48 | 1.64 | | |
| Total | 50 | 370.70 | | | |

CV=9.64% (**) Altamente significativo

- **LCR x F₁₀(127)**

El Cuadro 15, se observa el análisis de varianza para la variable longitud de panoja, que indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$), que significa que existe influencia sobre el desarrollo de plantas la media agua del techo; de igual manera se logra evidenciar diferencias altamente significativas entre plantas individuales de LCR x F₁₀(127) ($p < 0,0001$), que se explica por las características propias de cada planta y progenie.

El coeficiente de variabilidad registra un valor de 8.46% que indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 15: Análisis de varianza para la variable Longitud de panoja en LCR x F₁₀(127)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| Planta Ind. | 20 | 162.88 | 8.14 | 5.48 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 225.75 | 112.88 | 75.91 | <0.0001 ** |
| Error | 40 | 59.48 | 1.49 | | |
| Total | 62 | 448.11 | | | |

CV=8.46%

(**) Altamente significativo

Al existir diferencias altamente significativas en la longitud de panojas entre plantas individuales dentro de cada cruce, se realizó la prueba de medias Duncan (Cuadro 16), de esta forma se puede observar con mayor detalle las diferencias que existen entre las progenies.

Dentro de la cruce LCP x F₆(80), se observa que se forman siete grupos; se puede explicar que hay diferencias entre los mismos apelando a la diferencia de longitud de las panojas entre S14 y S6 que son los extremos de los valores obtenidos, con una media de 30.30 cm y 17.07 cm respectivamente.

En la cruce LCP x F₁₀(10) se forman seis grupos, donde el grupo A está formado por S5, S21, S10 y S8 con medias de 31.50 cm, 30.40 cm, 26.80 cm y 28.43 cm respectivamente. El último grupo está formado por un grupo de siete plantas con medias que van desde 21.50 hasta 17.07 cm, siendo los individuos con menor longitud de panoja.

En la cruce LCV x Blanquita, se forman ocho grupos; donde se observa que existen medias similares dentro de los grupos y también entre los mismos. Se diferencian visiblemente los individuos S11 y S13 que son ambos extremos de los grupos, con medias que registran valores de 21.40 cm y 10.93 cm respectivamente.

Dentro de la cruce de LCR x $F_{10}(71)$, se forman cuatro grupos; donde, el grupo A está formado por S5, S3, S10, S1, S14, S13 y S9 y de todos ellos sobresale S5 que registra una media de 16.20 cm en longitud de panoja; también se observa que en el cuarto grupo S2 es la que registro la menor longitud de panoja con una media de 9.53 cm.

En la cruce LCT x Kurmi, la prueba de medias Duncan indica que se forman cinco grupos; donde el grupo A está formado por S6, S10 y S1 con medias de 17.03 cm, 16.40 cm y 15.30 cm en longitud de panoja respectivamente. El último grupo está formado por diez individuos y el promedio de longitud de panoja oscila entre 13.47 cm y 11.13 cm.

La prueba de comparación de medias Duncan para la cruce LCR x $F_{10}(127)$, indica que se forman seis grupos. Donde se observa que los grupos tienen medias similares entre sí, aquí cabe resaltar la diferencia entre plantas de S11 y el grupo de plantas de S10 que son ambos extremos y que además registran promedios de 17.50 cm y 11.50 cm en longitud de panoja respectivamente.

Las diferencias en cuanto a la longitud de panoja en plantas individuales dentro de cada cruce se pueden atribuir a las diferencias propias de cada planta individual, lo propio sucede dentro de cada progenie siendo desarrolladas bajo el mismo ambiente.

Cuadro 16: Prueba de medias Duncan para la variable Longitud de panoja

| LCP x F ₆ (80) | | | LCP x F ₁₀ (10) | | | LCV x Blanquita | | | LCR x F ₁₀ (71) | | | LCT x Kurmi | | | LCR x F ₁₀ (127) | | |
|---------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo |
| S14 | 30.30 | A | S5 | 31.50 | A | S11 | 21.40 | A | S5 | 16.20 | A | S6 | 17.03 | A | S11 | 17.50 | A |
| S8 | 30.30 | A | S21 | 30.40 | A | S10 | 20.03 | AB | S3 | 15.97 | A | S10 | 16.40 | A | S6 | 16.67 | A |
| S18 | 28.90 | AB | S10 | 28.60 | AB | S9 | 19.13 | ABC | S10 | 15.10 | A | S1 | 15.30 | AB | S9 | 16.53 | A |
| S4 | 28.77 | AB | S8 | 28.43 | AB | S6 | 19.10 | ABCD | S1 | 14.77 | AB | S3 | 14.13 | BC | S18 | 16.40 | AB |
| S7 | 28.27 | ABC | S9 | 25.23 | BC | S7 | 18.60 | ABCD | S14 | 14.57 | AB | S8 | 13.93 | BCD | S8 | 16.07 | ABC |
| S5 | 27.83 | ABCD | S23 | 25.17 | BC | S8 | 18.40 | ABCD | S13 | 14.57 | AB | S5 | 13.73 | BCD | S14 | 16.03 | ABC |
| S9 | 27.53 | ABCDE | S15 | 24.67 | BCD | S15 | 17.67 | BCDE | S9 | 13.33 | ABC | S4 | 13.67 | BCD | S21 | 15.43 | ABCD |
| S3 | 27.37 | ABCDE | S22 | 24.37 | BCD | S1 | 17.53 | BCDE | S12 | 11.90 | BCD | S15 | 13,47 | BCDE | S4 | 15.30 | ABCD |
| S16 | 26.97 | ABCDE | S6 | 24.10 | BCD | S2 | 17.43 | BCDE | S7 | 11.80 | BCD | S14 | 13,03 | BCDE | S1 | 14.23 | BCDE |
| S13 | 26.80 | ABCDE | S4 | 24.07 | BCD | S16 | 16.93 | BCDE | S4 | 11.13 | CD | S17 | 12.53 | CDE | S13 | 14.10 | CDE |
| S19 | 25.07 | BCDEF | S14 | 23.63 | CD | S18 | 16.47 | CDEF | S11 | 10.77 | CD | S13 | 12.43 | CDE | S15 | 14.07 | CDE |
| S12 | 24.83 | CDEF | S18 | 23.23 | CD | S14 | 16.30 | CDEF | S15 | 10.73 | CD | S2 | 12.30 | CDE | S5 | 13.87 | CDE |
| S11 | 24.53 | CDEF | S13 | 22.83 | CDE | S4 | 15.77 | DEFG | S6 | 10.37 | CD | S16 | 11.97 | CDE | S2 | 13.77 | CDEF |
| S2 | 24.03 | DEF | S3 | 22.73 | CDE | S3 | 14.90 | EFG | S8 | 9.67 | D | S12 | 11.70 | CDE | S3 | 13.53 | DEF |
| S10 | 23.87 | EF | S20 | 22.53 | CDE | S12 | 13.40 | FGH | S2 | 9.53 | D | S9 | 11.57 | DE | S16 | 13.40 | DEF |
| S15 | 22.87 | F | S1 | 21.77 | CDE | S5 | 13.03 | GH | | | | S7 | 11.53 | DE | S17 | 13.33 | DEF |
| S17 | 17.90 | G | S11 | 21.50 | CDEF | S17 | 11.40 | H | | | | S11 | 11.13 | E | S12 | 13.13 | DEF |
| S1 | 17.70 | G | S7 | 21.37 | CDEF | S19 | 11.23 | H | | | | | | | S7 | 12.90 | EF |
| S6 | 17.07 | G | S17 | 20.77 | CDEF | S13 | 10.93 | H | | | | | | | S20 | 12.47 | EF |
| | | | S19 | 20.27 | DEF | | | | | | | | | | S19 | 12.43 | EF |
| | | | S12 | 20.03 | DEF | | | | | | | | | | S10 | 11.50 | F |
| | | | S2 | 18.23 | EF | | | | | | | | | | | | |
| | | | S16 | 17.07 | F | | | | | | | | | | | | |

El Cuadro 17 contiene un resumen de la variable longitud de panoja haciendo comparación entre progenies. En la presente investigación se registra una longitud de panoja promedio que varía entre 12.69 cm y 24.41 cm; donde LCP x F₆(80) obtuvo las panojas de mayor longitud con un rango que va desde 17.70 cm hasta 30.30 cm, también se observa que LCR x F₁₀(71) registró las panojas de menor longitud con un rango que va desde 9.53 cm hasta 16.20 cm.

Mújica *et al.* (2001), indican que la longitud de panoja puede variar según sea la variedad, la región donde se desarrolle, el genotipo y la fertilidad del suelo.

Según Gómez y Aguilar (2016), la longitud de panoja varía dependiendo de los genotipos y factores ambientales, teniendo como promedio valores que registran desde los 15.00 cm hasta los 70.00 cm de longitud.

Gabriel *et al.* (2013), indicando los resultados de su investigación mencionan lo siguiente: el rango de variación que se registró fue desde 13.67 cm para líneas de panojas cortas y una media de 65.33 cm para líneas de panojas de mayor longitud que además eran procedentes de los Valles.

Cuadro 17: Resumen de datos de la variable Longitud de panoja

| PROGENIE | Rango de longitud (cm) | Promedio (cm) |
|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| LCP x F₆(80) | 17.70 - 30.30 | 24.41 |
| LCP x F₁₀(10) | 17.07 - 31.50 | 23.57 |
| LCV x Blanquita | 10.93 - 21.40 | 16.30 |
| LCR x F₁₀(71) | 9.53 - 16.20 | 12.69 |
| LCT x Kurmi | 11.13 - 17.03 | 13.29 |
| LCR x F₁₀(127) | 11.50 - 17.50 | 14.41 |

6.6 Diámetro de panoja

- **LCP x F₆(80)**

En el Cuadro 18, se muestra el análisis de varianza para la variable diámetro de panoja en LCP x F₆(80) donde se evidencia diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$), de la misma forma se encuentran diferencias estadísticas entre plantas individuales de LCP x F₆(80) altamente significativas ($p < 0,0001$).

El coeficiente de variabilidad tiene un valor de 11.20%, mismo que se puede considerar un valor confiable y aceptable.

Cuadro 18: Análisis de varianza para la variable Diámetro de panoja en LCP x F₆(80)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|-------|------|---------|------------|
| Planta Ind. | 18 | 17.28 | 0.96 | 5.10 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 6.84 | 3.42 | 18.17 | <0.0001 ** |
| Error | 36 | 6.78 | 0.19 | | |
| Total | 56 | 30.90 | | | |

CV=11.20% (**) Altamente Significativo

- **LCP x F₁₀(10)**

En el Cuadro 19, se registra el análisis de varianza realizado para la variable diámetro de panoja en plantas individuales se observa que existe diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) y de igual forma se observa diferencias altamente significativas entre las plantas individuales ($p < 0,0001$).

El coeficiente de variación tiene un valor de 10.98%, mismo que se encuentra dentro del rango de aceptación y confiabilidad.

Cuadro 19: Análisis de varianza para la variable Diámetro de panoja en LCP x F₁₀(10)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|-------|------|---------|------------|
| Planta Ind. | 22 | 27.35 | 1.24 | 4.49 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 7.25 | 3.62 | 13.10 | <0.0001 ** |
| Error | 44 | 12.18 | 0.28 | | |
| Total | 68 | 46.77 | | | |

CV=10.98% (**) Altamente Significativo

- **LCV x Blanquita**

El análisis de varianza para la variable diámetro de panoja (Cuadro 20), muestra que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$). Así mismo, se observan diferencias significativas entre las plantas individuales respecto a la variable en cuestión en LCV x Blanquita. El coeficiente de variación fue de 11.92% que es un valor que se considera confiable y aceptable en ensayos de ambientes protegidos.

Cuadro 20: Análisis de varianza para la variable Diámetro de panoja en LCV x Blanquita

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|-------|------|---------|------------|
| Planta Ind. | 18 | 7.28 | 0.40 | 3.20 | 0.0014 ** |
| Bloque | 2 | 11.29 | 5.65 | 44.74 | <0,0001 ** |
| Error | 36 | 4.54 | 0.13 | | |
| Total | 56 | 23.11 | | | |

CV=11.92%

(**) Altamente significativo

- **LCR x F₁₀(71)**

El Cuadro 21, muestra el análisis de varianza realizado para la variable diámetro de panoja, que indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) lo que se atribuye a la influencia de la media agua del techo sobre el desarrollo de las plantas; de la misma manera los resultados muestran diferencias altamente significativas entre plantas individuales ($p = 0,0001$) de LCR x F₁₀(71) que se atribuyen a las características propias de cada planta.

Cuadro 21: Análisis de varianza para la variable Diámetro de panoja en LCR x F₁₀(71)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|-------|------|---------|------------|
| Planta Ind. | 14 | 10.19 | 0.73 | 5.49 | 0,0001 ** |
| Bloque | 2 | 11.53 | 5.76 | 43.50 | <0,0001 ** |
| Error | 28 | 3.71 | 0.13 | | |
| Total | 44 | 25.43 | | | |

CV=14.84%

(**) Altamente Significativo

- **LCT x Kurmi**

Según el Cuadro 22, los resultados para el análisis de varianza en la variable diámetro de panoja, indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) que se atribuye a la influencia de la media agua del techo del walipini; por otro lado, también se evidencia diferencias altamente significativas entre las plantas individuales que pertenecen a la cruza LCT x Kurmi ($p < 0,0001$) en su desarrollo vegetativo.

El coeficiente de variabilidad muestra un valor de 8.42%, mismo que se considera confiable para este tipo de ensayos.

Cuadro 22: Análisis de varianza para la variable de Diámetro de panoja en LCT x Kurmi

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|-------|------|---------|------------|
| Planta Ind. | 16 | 12.05 | 0.75 | 14.24 | <0,0001 ** |
| Bloque | 2 | 5.77 | 2.88 | 54.55 | <0,0001 ** |
| Error | 32 | 1.69 | 0.05 | | |
| Total | 50 | 19.51 | | | |

CV=8.42% (**) Altamente Significativo

- **LCR x F₁₀(127)**

El Cuadro 23, muestra el análisis de varianza para la variable diámetro de panoja en LCR x F₁₀(127) donde indica que existen diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,0001$) es decir que el bloque influyó sobre el desarrollo de las plantas, también se evidencia diferencias altamente significativas entre plantas individuales de la crusa ($p < 0,0001$) que se atribuyen a las características propias de cada planta.

El coeficiente de variación indica un valor de 10.39%, lo cual indica que se puede considerar un dato confiable y aceptable.

Cuadro 23: Análisis de varianza para la variable Diámetro de panoja en LCR x F₁₀(127)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|-------|------|---------|------------|
| Planta Ind. | 20 | 10.50 | 0.53 | 4.92 | <0,0001 ** |
| Bloque | 2 | 9.77 | 4.88 | 45.77 | <0,0001 ** |
| Error | 40 | 4.27 | 0.11 | | |
| Total | 62 | 24.54 | | | |

CV=10.39% (**) Altamente Significativo

Al existir diferencias altamente significativas en cuanto al diámetro de panoja entre las plantas individuales de cada progenie, se realizó la respectiva prueba de comparación de medias Duncan para conocer con más detalle las diferencias entre cada crusa (Cuadro 24).

En plantas individuales de la crusa LCP x F₆(80), se observa que se forman siete grupos con medias similares; donde S19 pertenece al grupo A y se diferencia de los grupos que tienen diámetros similares dentro de la crusa con un promedio de 5.23 cm,

dejando al final a S6 que alcanzó una media de 2.70 cm en diámetro de panoja.

Entre plantas individuales de la crucea LCP x F₁₀(10) se forman ocho grupos; donde se observa que entre los promedios existen diferencias de 2.70 cm en el diámetro de la panoja. El grupo de plantas de S1 registró una media de 5.87cm dejando hasta lo último al grupo de plantas de S16 con un promedio de 3.80 cm.

Dentro de la crucea LCV x Blanquita, la prueba de medias Duncan indica que se forman tres grupos que comparten medias similares entre sí; sin embargo, el promedio máximo registró un valor de 3.57 cm que corresponde al grupo de plantas de S10; el promedio mínimo tiene un valor de 2.33 cm que pertenece al grupo de plantas de S13.

Según los resultados de la prueba de medias Duncan para la crucea LCR x F₁₀(71), se identifica ocho grupos; donde el diámetro de panoja mayor registrado obtuvo una media de 3.33cm que corresponde al grupo de las plantas de S1 y el menor diámetro registrado tiene una media de 1.80 cm que pertenece al grupo de plantas de S6.

Dentro de la crucea LCT x Kurmi, se forman siete grupos, donde el grupo A está compuesto por plantas de S6 que alcanzó el mayor diámetro de panoja promedio con 4.10 cm y el último grupo que reúne cinco plantas individuales que comparten medias similares entre sí, con un rango de medias que van desde 2.03cm a 2.40cm.

En LCR x F₁₀(127), se observa que los grupos comparten medias similares; sin embargo, existe una diferencia marcada entre plantas de S11 (primer valor) y plantas de S7 (último valor) con medias de 3.90 cm y 2.47 cm respectivamente. Las diferencias del diámetro de panoja que existen entre plantas individuales dentro de cada crucea se atribuyen a las diferencias genéticas de cada individuo.

Cuadro 24: Prueba de medias Duncan para la variable Diámetro de panoja

| LCP x F ₆ (80) | | | LCP x F ₁₀ (10) | | | LCV x Blanquita | | | LCR x F ₁₀ (71) | | | LCT x Kurmi | | | LCR x F ₁₀ (127) | | |
|---------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|---------|--------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo |
| S19 | 5.23 | A | S21 | 5.87 | A | S10 | 3.57 | A | S1 | 3.33 | A | S6 | 4.10 | A | S11 | 3.90 | A |
| S8 | 4.47 | B | S9 | 5.77 | A | S16 | 3.40 | AB | S3 | 3.20 | A | S4 | 3.33 | B | S18 | 3.77 | AB |
| S13 | 4.47 | B | S15 | 5.73 | A | S2 | 3.40 | AB | S5 | 3.00 | AB | S10 | 3.13 | BC | S8 | 3.73 | AB |
| S9 | 4.33 | BC | S10 | 5.67 | A | S15 | 3.30 | AB | S14 | 2.87 | ABC | S1 | 3.03 | BC | S2 | 3.63 | ABC |
| S18 | 4.27 | BCD | S22 | 5.50 | AB | S11 | 3.30 | AB | S10 | 2.77 | ABC | S5 | 2.97 | BCD | S6 | 3.53 | ABCD |
| S14 | 4.17 | BCDE | S7 | 5.27 | ABC | S7 | 3.27 | AB | S11 | 2.50 | BCD | S8 | 2.83 | CDE | S4 | 3.50 | ABCDE |
| S7 | 4.13 | BCDE | S5 | 5.20 | ABCD | S18 | 3.17 | ABC | S9 | 2.47 | BCD | S13 | 2.80 | CDEF | S5 | 3.40 | ABCDE |
| S16 | 4.00 | BCDEF | S2 | 5.03 | ABCDE | S6 | 3.07 | ABC | S13 | 2.40 | BCD | S3 | 2.77 | CDEF | S21 | 3.37 | ABCDE |
| S4 | 3.90 | BCDEF | S3 | 5.03 | ABCDE | S9 | 3.07 | ABC | S12 | 2.20 | CD | S17 | 2.60 | DEFG | S14 | 3.27 | BCDEF |
| S3 | 3.83 | BCDEF | S23 | 4.93 | ABCDEF | S12 | 3.07 | ABC | S2 | 2.10 | D | S9 | 2.57 | DEFG | S15 | 3.07 | CDEFG |
| S2 | 3.73 | BCDEF | S4 | 4.90 | ABCDEFG | S14 | 3.03 | ABC | S4 | 2.07 | D | S14 | 2.57 | DEFG | S9 | 3.07 | CDEFG |
| S1 | 3.67 | BCDEF | S11 | 4.87 | ABCDEFG | S3 | 2.93 | ABC | S7 | 2.00 | D | S15 | 2.53 | DEFG | S13 | 2.93 | DEFG |
| S17 | 3.63 | BCDEF | S6 | 4.63 | BCDEFGH | S4 | 2.83 | ABC | S15 | 2.00 | D | S2 | 2.40 | EFGH | S20 | 2.93 | DEFG |
| S5 | 3.60 | CDEF | S13 | 4.57 | BCDEFGH | S5 | 2.77 | ABC | S8 | 1.93 | D | S12 | 2.37 | FGH | S16 | 2.90 | DEFG |
| S15 | 3.43 | DEFG | S1 | 4.40 | CDEFGH | S1 | 2.73 | ABC | S6 | 1.80 | D | S16 | 2.27 | GH | S1 | 2.90 | DEFG |
| S10 | 3.43 | DEFG | S14 | 4.37 | CDEFGH | S8 | 2.63 | BC | | | | S7 | 2.10 | H | S19 | 2.87 | EFG |
| S12 | 3.37 | EFG | S20 | 4.30 | CDEFGH | S19 | 2.40 | C | | | | S11 | 2.03 | H | S3 | 2.73 | FG |
| S11 | 3.20 | FG | S17 | 4.23 | CDEFGH | S17 | 2.37 | C | | | | | | | S10 | 2.70 | FG |
| S6 | 2.70 | G | S8 | 4.23 | DEFGH | S13 | 2.33 | C | | | | | | | S17 | 2.70 | FG |
| | | | S12 | 4.03 | EFGH | | | | | | | | | | S12 | 2.67 | FG |
| | | | S18 | 3.97 | FGH | | | | | | | | | | S7 | 2.47 | G |
| | | | 19 | 3.90 | GH | | | | | | | | | | | | |
| | | | S16 | 3.80 | H | | | | | | | | | | | | |

Según Gabriel *et al.* (2013); haciendo referencia a su trabajo de investigación indica que se registró una media de 5.00 cm para el diámetro de panoja y desviaciones que van desde 33 cm hasta 88 cm de diámetro morfológico; las panojas con menor diámetro eran procedentes de la región del Altiplano, por el contrario, las panojas con mayores diámetros registrados eran procedentes del Valle alto de Cochabamba.

En la presente investigación se observa que existe variación en el diámetro de panoja con promedios que van desde 2.44 cm hasta 4.57 cm. También se puede ver que la craza LCP x F₁₀(10) alcanzó un rango entre 3.80 cm y 5.87 cm de diámetro siendo esta progenie la que alcanzó los valores más altos; por otro lado, LCR x F₁₀(71) con rango de 1.80 cm a 3.33 cm de diámetro de panoja y que son las de menor diámetro de panoja.

El diámetro de panoja puede ser variable, teniendo en cuenta que existen panojas compactas (que tiene sus granos bien apretados y dispuestos hacia lo largo del raquis de la panoja), panojas semi-compactas (que es intermedia) y panojas ramificadas o laxas (más abierta); lo que es determinante para el diámetro de panoja. A continuación, se presenta un resumen referente a la variable diámetro de panoja.

Cuadro 25: Resumen de datos de la variable Diámetro de panoja

| PROGENIE | Rango de diámetro (cm) | Promedio (cm) |
|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| LCP x F₆(80) | 2.70 - 5.23 | 3.87 |
| LCP x F₁₀(10) | 3.80 - 5.87 | 4.57 |
| LCV x Blanquita | 2.33 - 3.57 | 2.98 |
| LCR x F₁₀(71) | 1.80 - 3.33 | 2.44 |
| LCT x Kurmi | 2.03 - 4.10 | 2.73 |
| LCR x F₁₀(127) | 2.47 - 3.90 | 3.15 |

6.7 Diámetro de panoja

- **LCP x F₆(80)**

En el Cuadro 26, se muestra el análisis de varianza realizado para la variable diámetro de grano, donde se ven diferencias altamente significativas entre bloques ($p=0,0007$)

respecto al diámetro de grano, de igual manera se observan diferencias altamente significativas entre las plantas individuales de la cruza ($p < 0,0001$). El coeficiente de variación tiene un valor de 2.81%, mismo que se considera un valor aceptable en este tipo de ensayos.

Cuadro 26: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCP x $F_6(80)$

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|--------------------|----|------|---------|---------|------------|
| Planta Ind. | 18 | 0.73 | 0.04 | 9.33 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 0.08 | 0.04 | 8.86 | <0.0007 ** |
| Error | 36 | 0.16 | 4.3E-03 | | |
| Total | 56 | 0.96 | | | |

CV=2.81%

(**) Altamente Significativo

- **LCP x $F_{10}(10)$**

El análisis de varianza para la variable diámetro de grano (Cuadro 27), indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques ($p=0,2360$) lo cual indica que las condiciones del ambiente no influyen en el tamaño de grano en las panojas de las plantas de quinua en esta investigación; sin embargo, se evidencian diferencias altamente significativas en el diámetro de grano de las plantas individuales ($p < 0.0001$), lo que se puede atribuir a las características propias de cada individuo y su absorción de nutrientes para su desarrollo vegetativo.

El coeficiente de variabilidad tiene un valor de 1.99%, lo cual indica que es un valor confiable y aceptable.

Cuadro 27: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCP x $F_{10}(10)$

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|---------------------|----|---------|---------|---------|------------|
| Plantas Ind. | 22 | 0.20 | 0.01 | 6.40 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 4.3E-03 | 2.2E-03 | 1.49 | 0.2360 NS |
| Error | 44 | 0.06 | 1.4E-03 | | |
| Total | 68 | 0.27 | | | |

CV=1.99% (**) Altamente Significativo

(NS) No Significativo

- **LCV x Blanquita**

El análisis de varianza realizado para la variable diámetro de grano (Cuadro 28), indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques ($p=0.8744$), lo que significa que no influyen las condiciones del ambiente en el diámetro de grano; por otra parte, existen diferencias altamente significativas entre las plantas individuales y el desarrollo del tamaño del grano ($p<0.0001$) esto quiere decir que son características propias de cada planta. El coeficiente de variación tiene un valor de 1.93% que puede ser considerado confiable y aceptable en este tipo de ensayos.

Cuadro 28: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCV x Blanquita

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|---------|---------|---------|------------|
| Planta Ind. | 18 | 0.15 | 0.01 | 6.54 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 3.4E-04 | 1.7E-04 | 0.13 | 0.8744 NS |
| Error | 36 | 0.05 | 1.3E-03 | | |
| Total | 56 | 0.19 | | | |

CV=1.93% (**) Altamente Significativo (NS) No Significativo

- **LCR x F₁₀(71)**

El análisis de varianza para la variable diámetro de grano que refleja el Cuadro 29, en la progenie LCR x F₁₀(71) se observa que no existen diferencias estadísticas entre bloques ($p=0.1813$) lo que significa que las condiciones del ambiente no influyen en el desarrollo del grano; sin embargo, existen diferencias altamente significativas entre plantas individuales ($p<0.0001$), entonces se puede decir que el tamaño de grano es característica independiente de cada planta. El coeficiente de variación registra un valor de 1.64%, lo cual indica que son datos confiables y aceptables.

Cuadro 29: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCR x F₁₀(71)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|---------|---------|---------|------------|
| Planta Ind. | 14 | 0.29 | 0.02 | 21.86 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 3.4E-03 | 1.7E-03 | 1.82 | 0.1813 NS |
| Error | 28 | 0.03 | 9.3E-04 | | |
| Total | 44 | 0.32 | | | |

CV=1.64% (**) Altamente significativo (NS) No Significativo

- **LCT x Kurmi**

Según el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 30, se observa que no existen diferencias estadísticas para el tamaño de grano entre bloques ($p=0.4943$); sin embargo, se evidencian diferencias altamente significativas entre plantas individuales ($p<0,0001$) que se atribuye a las características propias de cada planta.

El coeficiente de variación con valor 3.10% indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales; por lo tanto, los datos son confiables.

Cuadro 30: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCT x Kurmi

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|---------|---------|---------|------------|
| Planta Ind. | 16 | 0.28 | 0.02 | 5.61 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 4.5E-03 | 2.2E-03 | 0.72 | 0.4943 NS |
| Error | 32 | 0.10 | 3.1E-03 | | |
| Total | 50 | 0.38 | | | |

CV=3.10% (**) Altamente Significativo (NS) No Significativo

- **LCR x F₁₀(127)**

El Cuadro 31, que muestra el análisis de varianza para la variable diámetro de grano en la cruz LCR x F₁₀(127), indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques ($p=0.4161$); es decir, el bloqueo no afecta el tamaño de grano en la panoja de quinua en esta investigación; sin embargo, se observan diferencias altamente significativas entre plantas individuales ($p<0,0001$), lo que indica que el diámetro de grano es influenciado por las características propias de cada planta. El coeficiente de variación indica un valor de 1.88%, que se acepta como confiable en este tipo de ensayos.

Cuadro 31: Análisis de varianza para la variable Diámetro de grano en LCR x F₁₀(127)

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|-------------|----|---------|---------|---------|------------|
| Planta Ind. | 20 | 0.21 | 0.01 | 6.42 | <0.0001 ** |
| Bloque | 2 | 2.9E-03 | 1.5E-03 | 0.90 | 0.4161 NS |
| Error | 40 | 0.06 | 1.6E-03 | | |
| Total | 62 | 0.28 | | | |

CV=1.88% (**) Altamente Significativo (NS) No Significativo

Al existir diferencias altamente significativas entre plantas individuales de cada progenie respecto al diámetro de grano, es por ello que se realizó la respectiva prueba de comparación de medias Duncan al 5% (Cuadro 32).

Dentro de la cruce LCP x F₆(80) se observa que se forman seis grupos, el diámetro de grano mayor alcanzó una media de 2.48 mm que corresponde a plantas de S5 y el menor diámetro de grano registró un promedio de 2.00 mm en plantas de S1. Todas las plantas tienen diámetro de grano que son similares entre sí.

La cruce LCP x F₁₀(10), indica que se forman ocho grupos; se observa que los grupos comparten medias similares entre sí y se evidencia diferencias entre el primer y el último grupo, donde las plantas de S16 lideran con un promedio de 2.01 mm respecto de diámetro de grano; por el contrario, las plantas de S4 registran una media de 1.81 mm siendo el valor mínimo registrado.

En la cruce LCV x Blanquita se forman cinco grupos, las diferencias de diámetro de panoja entre plantas individuales se ven reflejadas, teniendo a las plantas de S6 con mayor diámetro y un valor promedio que es de 1.95 mm; por otro lado, la media mínima registrada es de 1.77 mm que corresponde a las plantas de S3.

Para la cruce LCR x F₁₀(71) se forman siete grupos; donde se refleja las diferencias en medias respecto a la variable entre plantas individuales. El mayor diámetro promedio registrado es de 2.01 mm que corresponde a las plantas de S13 y el diámetro menor es de 1.74 mm en plantas de S7.

Según la prueba de medias Duncan en LCT x Kurmi, las plantas individuales muestran promedios de diámetro similares entre sí, se forman cuatro grupos; donde la media de mayor diámetro registrada es de 1.90 mm que corresponde a plantas de S10 y la media mínima registrada es de 1.69 mm en plantas de S3.

Para la variable diámetro de grano en la cruce LCR x F₁₀(127) se forman ocho grupos, donde el mayor promedio registrado es de 2.26 mm que corresponde a S11 y el menor diámetro promedio es de 2.02 mm en S2. Se observan que las medias entre grupos son similares, pero existe una diferencia marcada entre ambos extremos.

Cuadro 32: Prueba de medias Duncan para la variable Diámetro de grano

| LCP x F ₆ (80) | | | LCP x F ₁₀ (10) | | | LCV x Blanquita | | | LCR x F ₁₀ (71) | | | LCT x Kurmi | | | LCR x F ₁₀ (127) | | |
|---------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo | Ind. | Media | Grupo |
| S5 | 2.48 | A | S16 | 2.01 | A | S6 | 1.95 | A | S13 | 2.01 | A | S10 | 1.90 | A | S11 | 2.26 | A |
| S7 | 2.45 | AB | S13 | 2.00 | AB | S17 | 1.91 | AB | S2 | 1.96 | AB | S16 | 1.89 | A | S14 | 2.24 | AB |
| S4 | 2.45 | AB | S21 | 1.97 | ABC | S14 | 1.88 | ABC | S10 | 1.96 | B | S4 | 1.89 | A | S3 | 2.24 | ABC |
| S8 | 2.42 | ABC | S22 | 1.96 | ABCD | S5 | 1.88 | BC | S3 | 1.95 | B | S9 | 1.88 | A | S21 | 2.18 | BCD |
| S3 | 2.41 | ABC | S17 | 1.95 | ABCD | S2 | 1.88 | BC | S12 | 1.90 | C | S8 | 1.88 | A | S9 | 2.17 | BCD |
| S9 | 2.40 | ABCD | S19 | 1.94 | ABCDE | S16 | 1.87 | BC | S1 | 1.89 | C | S5 | 1.88 | A | S7 | 2.17 | CD |
| S6 | 2.40 | ABCD | S14 | 1.94 | ABCDE | S1 | 1.86 | BC | S4 | 1.88 | CD | S6 | 1.84 | AB | S19 | 2.16 | CDE |
| S13 | 2.37 | ABCD | S6 | 1.93 | BCDEF | S7 | 1.86 | BCC | S5 | 1.87 | CD | S17 | 1.81 | ABC | S5 | 2.16 | CDE |
| S11 | 2.37 | ABCD | S15 | 1.93 | BCDEF | S11 | 1.86 | BC | S9 | 1.86 | CD | S11 | 1.76 | BCD | S10 | 2.16 | DE |
| S14 | 2.37 | ABCD | S23 | 1.93 | BCDEF | S8 | 1.86 | BC | S11 | 1.83 | DE | S14 | 1.76 | BCD | S13 | 2.16 | DE |
| S10 | 2.37 | ABCD | S7 | 1.92 | CDEF | S15 | 1.84 | BCD | S6 | 1.80 | EF | S15 | 1.75 | BCD | S15 | 2.16 | DE |
| S15 | 2.34 | BCD | S3 | 1.92 | CDEF | S9 | 1.82 | CDE | S15 | 1.79 | EFG | S13 | 1.74 | BCD | S6 | 2.15 | DE |
| S16 | 2.34 | BCD | S18 | 1.91 | CDEFG | S13 | 1.82 | CDE | S14 | 1.78 | EFG | S2 | 1.73 | BCD | S20 | 2.14 | DEF |
| S2 | 2.33 | BCD | S20 | 1.90 | CDEFG | S4 | 1.79 | DE | S8 | 1.75 | FG | S12 | 1.73 | BCD | S8 | 2.14 | DEF |
| S18 | 2.32 | CD | S12 | 1.90 | DEFG | S10 | 1.78 | DE | S7 | 1.74 | G | S1 | 1.72 | CD | S1 | 2.14 | DEF |
| S12 | 2.27 | DE | S2 | 1.88 | EFGH | S18 | 1.78 | DE | | | | S7 | 1.69 | D | S4 | 2.14 | DEF |
| S19 | 2.19 | E | S8 | 1.87 | EFGH | S19 | 1.78 | DE | | | | S3 | 1.69 | D | S17 | 2.11 | DEFG |
| S17 | 2.16 | E | S10 | 1.86 | FGH | S12 | 1.77 | E | | | | | | | S18 | 2.09 | EFGH |
| S1 | 2.00 | F | S9 | 1.86 | FGH | S3 | 1.77 | E | | | | | | | S16 | 2.07 | FGH |
| | | | S1 | 1.84 | GH | | | | | | | | | | S12 | 2.06 | GH |
| | | | S11 | 1.84 | GH | | | | | | | | | | S2 | 2.02 | H |
| | | | S5 | 1.81 | H | | | | | | | | | | | | |
| | | | S4 | 1.81 | H | | | | | | | | | | | | |

Bonifacio *et al.* (1997), citado por Fernández y Sahonero (2013), indican que el diámetro del grano es un carácter cuantitativo, que puede ser afectado por el efecto ambiental.

Gabriel *et al.*, (2013) reporta los resultados de su investigación en el que se observó un promedio de 2.42 mm de diámetro de grano; existiendo un rango de variación entre 1.90 mm a 3.00 mm entre las líneas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, el diámetro de grano promedio varía desde 1.80 mm a 2.34 mm; el mayor diámetro de grano fue registrado en la cruce LCP x F₆(80) con un rango de variación de 2.00 mm a 2.48 mm; por otro lado, el menor diámetro registrado oscila en un rango de 1.69 mm y 1.90 mm que corresponde a la cruce LCT x Kurmi.

El Cuadro 33, contiene un resumen de resultados obtenidos de la variable diámetro de grano en las diferentes progenies.

Cuadro 33: Resumen de datos de la variable Diámetro de grano

| PROGENIE | Rango de diámetro (mm) | Promedio (mm) |
|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| LCP x F₆(80) | 2.00 - 2.48 | 2.34 |
| LCP x F₁₀(10) | 1.81 - 2.01 | 1.91 |
| LCV x Blanquita | 1.77 - 1.95 | 1.84 |
| LCR x F₁₀(71) | 1.74 - 2.01 | 1.87 |
| LCT x Kurmi | 1.69 - 1.90 | 1.80 |
| LCR x F₁₀(127) | 2.02 - 2.26 | 2.15 |

6.8 Severidad del ataque de mildiu

a) Severidad del ataque de mildiu al día 31

El Cuadro 34, muestra el análisis de varianza de la severidad del ataque de mildiu al día 31 donde se aprecian de forma visible los síntomas de la enfermedad en las plantas, donde se observa que el efecto de los bloques sobre esta variable no muestra diferencias significativas ($p=0.1632$), lo cual indica que no existe influencia de la media agua del techo en la severidad del ataque de mildiu en esta etapa.

Por otro lado, también se observa que no existen diferencias en la severidad del ataque de mildiu entre progenies ($p=0.1197$).

Cuadro 34: Análisis de varianza para Severidad del ataque de mildiu al día 31

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|----------|----|--------|-------|---------|-----------|
| Progenie | 5 | 80.16 | 16.03 | 2.33 | 0.1197 NS |
| Bloque | 2 | 30.09 | 15.05 | 2.18 | 0.1632 NS |
| Error | 10 | 68.87 | 6.89 | | |
| Total | 17 | 179.12 | | | |

CV=31,57% (NS) No Significativo

En la comparación de medias de la prueba Duncan (Cuadro 35), se puede observar la formación de dos grupos, donde se registra una media de 10.95% de severidad de ataque de mildiu en la progenie LCR x F₁₀(71). Por otro lado, se aprecia una media de 4.62% de severidad en la progenie LCP x F₁₀(10).

Cuadro 35: Prueba de medias Duncan para Severidad del ataque de mildiu al día 31

| PROGENIE | Media (%) | N | Duncan Agrupamiento | |
|-----------------------------|-----------|---|---------------------|---|
| LCR x F ₁₀ (71) | 10.95 | 3 | A | |
| LCR x F ₁₀ (127) | 10.34 | 3 | A | |
| LCV x Blanquita | 8.93 | 3 | A | B |
| LCT x Kurmi | 7.95 | 3 | A | B |
| LCP x F ₆ (80) | 7.08 | 3 | A | B |
| LCP x F ₁₀ (10) | 4.62 | 3 | B | |

b) Severidad del ataque de mildiu al día 38

El análisis de varianza realizado para la severidad del ataque de mildiu al día 38 (Cuadro 36), indica que el efecto de los bloques ($p=0.4256$) no es significativo, es decir que el bloqueo no influyó en el avance de la enfermedad; entre progenies la severidad del ataque de mildiu indica que existen diferencias que son significativas ($p=0.0523$); el coeficiente de variación tiene un valor de 8.35%, que indica que los datos son confiables y aceptables.

Cuadro 36: Análisis de varianza para Severidad del ataque de mildiu al día 38

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|----------|----|-------|------|---------|-----------|
| Progenie | 5 | 44.69 | 8.94 | 3.27 | 0.0523 * |
| Bloque | 2 | 5.09 | 2.55 | 0.93 | 0.4256 NS |
| Error | 10 | 27.33 | 2.73 | | |
| Total | 17 | 77.11 | | | |

CV= 8.35%

(*) Significativo

(NS) No Significativo

En la prueba de comparación de medias Duncan (Cuadro 37), se puede observar que se forman tres grupos, donde la progenie LCR x F₁₀(71) tiene mayor severidad de ataque registrando un 21,97% y LCP x F₆(80) que registra un 17.43% de severidad al día 38 después de la siembra.

Cuadro 37: Prueba de medias Duncan para Severidad del ataque de mildiu al día 38

| PROGENIE | Media (%) | N | Duncan Agrupamiento | | |
|-----------------------------|-----------|---|---------------------|---|---|
| LCR x F ₁₀ (71) | 21.97 | 3 | A | | |
| LCR x F ₁₀ (127) | 21.39 | 3 | A | B | |
| LCV x Blanquita | 19.87 | 3 | A | B | C |
| LCT x Kurmi | 19.67 | 3 | A | B | C |
| LCP x F ₁₀ (10) | 18.37 | 3 | B | | C |
| LCP x F ₆ (80) | 17.43 | 3 | C | | |

c) Severidad del ataque de mildiu al día 45

El efecto de los bloques ($p=0.3770$) en la severidad del ataque de mildiu no muestra diferencias significativas (Cuadro 38), es decir que el bloqueo no influyó en el avance de la severidad de la enfermedad; por otro lado, la severidad del ataque de mildiu muestra diferencias significativas entre las progenies ($p=0.0472$).

El coeficiente de variación tiene un valor de 7.10% que indica que los datos son aceptables.

Cuadro 38: Análisis de varianza para Severidad de mildiu al día 45

| Fuente | GL | SC | CM | F-Valor | p-valor |
|----------|----|--------|-------|---------|-----------|
| Progenie | 5 | 88.65 | 17.73 | 3.40 | 0.0472 * |
| Bloque | 2 | 11.24 | 5.62 | 1.08 | 0.3770 NS |
| Error | 10 | 52.20 | 5.22 | | |
| Total | 17 | 152.10 | | | |

CV=7.10%

(*) Significativo

(NS) No Significativo

La prueba de comparación de medias Duncan (Cuadro 39), indica que existen dos grupos con medias que son similares entre sí; se observa también que en la progenie LCR x F₁₀(71) se registró una media de 34.83% de severidad del ataque de mildiu y en el otro extremo se encuentra la progenie LCP x F₆(80) que registró una media de 27.93% de severidad de la enfermedad.

Cuadro 39: Prueba de medias Duncan para Severidad del ataque de mildiu al día 45

| PROGENIE | Media (%) | N | Duncan Agrupamiento | |
|-----------------------------|-----------|---|---------------------|---|
| LCR x F ₁₀ (71) | 34.83 | 3 | A | |
| LCR x F ₁₀ (127) | 33.83 | 3 | A | |
| LCT x Kurmi | 33.16 | 3 | A | |
| LCV x Blanquita | 32.14 | 3 | A | B |
| LCP x F ₁₀ (10) | 31.27 | 3 | A | B |
| LCP x F ₆ (80) | 27.93 | 3 | B | |

d) Severidad del ataque de mildiu al día 52

En el Cuadro 40, muestra el análisis de varianza realizado para la severidad del ataque de mildiu al día 52 después de la siembra; donde se puede observar que no existen diferencias significativas entre bloques (0.6795); por otro lado, se observa que entre progenies existen diferencias significativas (p=0.0295).

El coeficiente de variación reporta un valor de 7.11% que indica que los datos son confiables y aceptables.

Cuadro 40: Análisis de varianza para Severidad del ataque de mildiu al día 52

| Fuente | GL | SC | CM | F-valor | p-valor |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| Progenie | 5 | 173.23 | 34.65 | 4.01 | 0.0295 * |
| Bloque | 2 | 6.95 | 3.47 | 0.40 | 0.6795 NS |
| Error | 10 | 86.48 | 8.65 | | |
| Total | 17 | 266.66 | | | |

CV=7.11%

(*) Significativo

(NS) No Significativo

La prueba de comparación de medias Duncan (Cuadro 41), muestra que se forman tres grupos, donde la progenie LCR x F₁₀(71) registró una media de 46.67% de severidad de ataque del mildiu; por otra parte, se observa que la progenie LCP x F₆(80) registró una media de 37.44% de severidad de la enfermedad. El coeficiente de variación indica un valor de 7.11% y los datos se consideran confiables.

Cuadro 41: Prueba de medias Duncan para Severidad de ataque de mildiu al día 52

| PROGENIE | Media (%) | N | Duncan Agrupamiento |
|-----------------------------|------------------|----------|----------------------------|
| LCR x F ₁₀ (71) | 46.67 | 3 | A |
| LCR x F ₁₀ (127) | 43.47 | 3 | A B |
| LCT x Kurmi | 42.12 | 3 | A B C |
| LCV x Blanquita | 39.23 | 3 | B C |
| LCP x F ₁₀ (10) | 39.21 | 3 | B C |
| LCP x F ₆ (80) | 37.44 | 3 | C |

e) Severidad del ataque de mildiu al día 59

El Cuadro 42, muestra el análisis de varianza realizado para la severidad del ataque de mildiu al día 59; donde se observa que no existen diferencias significativas entre bloques (p=0.1198); sin embargo, entre progenies existen diferencias altamente significativas (p=0.0108) respecto a la severidad de la enfermedad.

El coeficiente de variación indica un valor de 3.64% por tanto los datos se consideran confiables.

Cuadro 42: Análisis de varianza para Severidad del ataque de mildiu al día 59

| Fuente | GL | SC | CM | F-valor | p-valor |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| Progenie | 5 | 91.93 | 18.39 | 5.51 | 0.0108 ** |
| Bloque | 2 | 17.65 | 8.83 | 2.64 | 0.1198 NS |
| Error | 10 | 33.39 | 3.34 | | |
| Total | 17 | 142.98 | | | |

CV=3.64% (**) Altamente Significativo (NS) No Significativo

En la comparación de medias Duncan (Cuadro 43), se puede observar que se forman tres grupos; donde la progenie LCR x F₁₀(71) registró una media de 53.93% de severidad de ataque del mildiu y también se observa que en plantas de la progenie LCP x F₆(80) se registró una media de 47.33% de severidad de la enfermedad.

Cuadro 43: Prueba de medias Duncan para Severidad de ataque de mildiu al día 59

| PROGENIE | Media (%) | N | Duncan Agrupamiento |
|-----------------------------|------------------|----------|----------------------------|
| LCR x F ₁₀ (71) | 53.93 | 3 | A |
| LCR x F ₁₀ (127) | 52.13 | 3 | A B |
| LCT x Kurmi | 50.00 | 3 | B C |
| LCP x F ₁₀ (10) | 49.80 | 3 | B C |
| LCV x Blanquita | 48.07 | 3 | C |
| LCP x F ₆ (80) | 47.33 | 3 | C |

6.8.1 Curva de progreso de la enfermedad

En la Figura 9, se puede observar la curva de avance de la enfermedad. En términos generales, a partir del día 38 se observan diferencias en el porcentaje de severidad, siendo mayores en las progenies LCR x F₁₀(71), LCR x F₁₀(127) y LCT x Kurmi.

La severidad del ataque del mildiu fue más lenta en las progenies LCP x F₆(80), LCV x Blanquita y LCP x F₁₀(10); sin embargo, la tendencia del progreso de la enfermedad fue similar en todas las progenies.

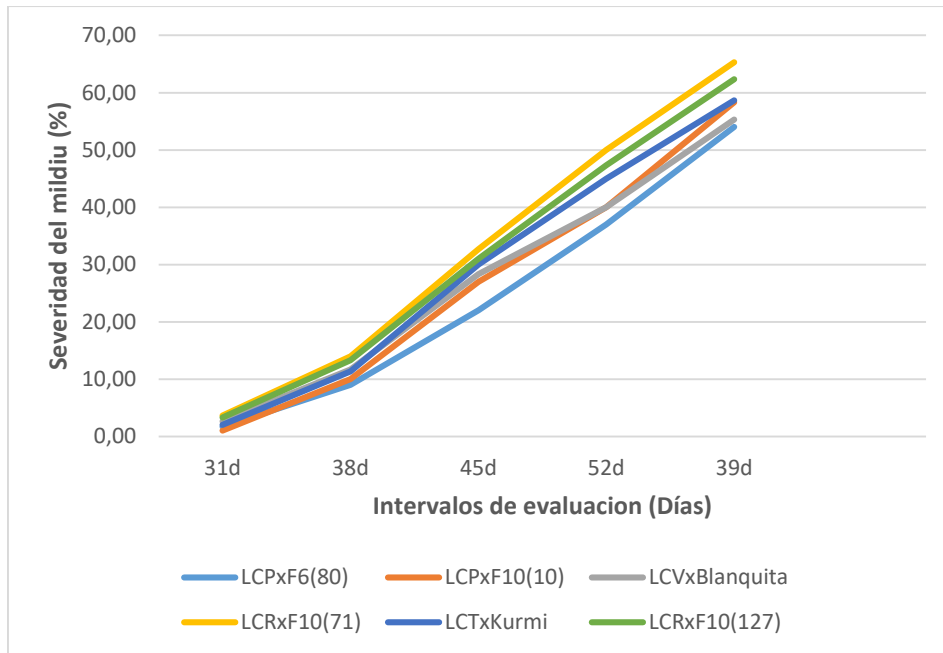


Figura 11: Curva de progreso de la enfermedad (DPC Disease Progres Curve) en intervalos de siete días

More (2016), indica que los síntomas del ataque de la enfermedad se presentaron a partir de los 34 días después de la siembra afectando principalmente al follaje de la planta con severidad entre 0.27 a 5.65% de daño, siendo los síntomas iniciales pequeños puntos cloróticos amarillentos visibles en el haz de las hojas.

En este trabajo de investigación los datos concuerdan con los resultados que menciona More (2016), ya que se observa que la enfermedad aparece al día 31 después de la siembra con un promedio de 2.39% de avance en la planta.

La segunda lectura de datos corresponde a los 38 días después de la siembra con un avance de la enfermedad promedio de 11,56%; el tercer registro de datos corresponde a un promedio de 28.50%; los datos de la cuarta evaluación indican un avance de 43,22% y la quinta evaluación indican una media de 59.00% de avance de la enfermedad, como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 44: Porcentaje promedio de Severidad de mildiu en intervalos de siete días en progenies F₃

| PROGENITORES | 31 días | 38 días | 45 días | 52 días | 59 días |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| LCP x F ₆ (80) | 1.67 | 9.00 | 22.00 | 37.00 | 54.00 |
| LCP x F ₁₀ (10) | 1.00 | 10.00 | 27.00 | 40.00 | 58.33 |
| LCV x Blanquita | 2.67 | 11.67 | 28.33 | 40.00 | 55.33 |
| LCR x F ₁₀ (71) | 3.67 | 14.00 | 32.67 | 50.00 | 65.33 |
| LCT x Kurmi | 2.00 | 11.33 | 30.00 | 45.00 | 58.67 |
| LCR x F ₁₀ (127) | 3.33 | 13.33 | 31.00 | 47.33 | 62.33 |

En este sentido, se puede indicar que las condiciones del ambiente (walipini) contribuyeron a la infección del patógeno en las plantas, ya que le proporcionaba las condiciones adecuadas para su reproducción. Un factor importante es la temperatura y la humedad, ya que estas controlan la tasa de crecimiento de varios organismos, los que necesitan la acumulación de determinada proporción de calor para pasar de un estadio a otro en su ciclo de vida (Roque, 2019).

6.8.2 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC)

Los valores de AUDPC parcial y total se han obtenido mediante la integración trapezoidal del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (Danielsen y Ames, 2000; Forbes *et al.*, 2014), además del área bajo la curva de desarrollo relativo de la enfermedad (rAUDPC) como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 45: Valores de AUPDC y rAUDPC en la progenie F₃

| PROGENITORES | AUDPC 38-31 d | AUDPC 45-38 d | AUDPC 52-45 d | AUDPC 59-52 d | AUDPC Total | rAUDPC |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|---------------|
| LCP x F ₆ (80) | 25.67 | 45.50 | 52.50 | 59.50 | 183.17 | 0.06542 |
| LCP x F ₁₀ (10) | 31.50 | 59.50 | 45.50 | 64.17 | 200.67 | 0.07167 |
| LCV x Blanquita | 31.50 | 58.33 | 40.83 | 53.67 | 184.33 | 0.06583 |
| LCR x F ₁₀ (71) | 36.17 | 65.33 | 60.67 | 53.67 | 215.83 | 0.07708 |
| LCT x Kurmi | 32.67 | 65.33 | 52.50 | 47.83 | 198.33 | 0.07083 |
| LCR x F ₁₀ (127) | 35.00 | 61.83 | 57.17 | 52.50 | 206.50 | 0.07375 |

Según los valores de rAUDPC que se observan en el Cuadro 45, indican que las progenies LCP x F₆(80) y LCV x Blanquita son las más resistentes frente a las demás progenies; puesto que menores valores de AUDPC están relacionados con el menor porcentaje de severidad (Forbes *et al.*, 2014).

6.9 Diferencial de selección y presión de selección para tamaño de grano

El cálculo de la presión y diferencial de selección por tamaño de grano haciendo diferencia en la presencia y ausencia de saponina en plantas individuales dentro de las progenies se desarrolla a continuación:

- **LCP x F₆(80)**

La presión de selección y el diferencial de selección para las progenies F₃ de la progenie LCP x F₆(80) se presenta a continuación:

Media de la población: 2.32 mm

Media selección: 2.47 mm

Diferencial de selección: 0.14 mm

Presión de selección: 16.95%

De las 58 unidades seleccionadas por tamaño de grano grande, el 12% representa grano amargo y 88% corresponde a grano dulce (7 amargo y 51 dulce). Esto desvirtúa la asociación del carácter dulce con el tamaño pequeño del grano; la implicación práctica de este resultado es que es posible seleccionar plantas de grano dulce que además sean de grano grande.

La Figura 12, muestra la representación gráfica de la distribución de frecuencias según el tamaño de grano, tiene una inclinación a la derecha; es decir, la moda no coincide con la media, por el contrario, se encuentra a la derecha de la media. Esto significa que las plantas de grano grande son más frecuentes y, por ende, permite seleccionar 58 unidades de grano comprendido entre 2.47 y 2.62 mm de diámetro.

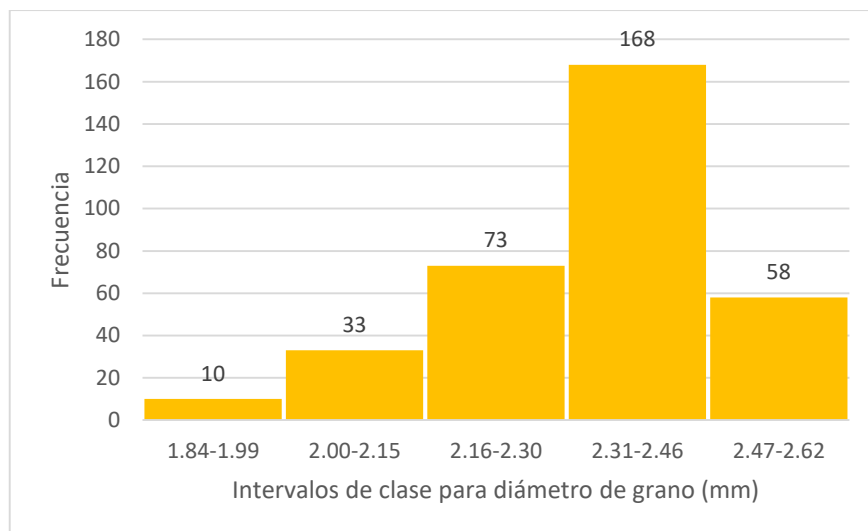


Figura 12: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de Diámetro de grano (mm) de la progenie LCP x F₆(80)

- **LCP x F₁₀(10)**

La presión de selección y el diferencial de selección para las progenies F₃ de la cruce LCP x F₁₀(10) se presenta a continuación:

Media de la población: 1.907 mm

Media de la selección: 2.586 mm

Diferencial de selección: 0.678 mm

Presión de selección: 1.45%

La Figura 13, muestra que las frecuencias de segregación presentan una distribución inclinada hacia la izquierda (valores que representan menor diámetro de grano), siendo bajo el porcentaje de plantas de grano grande. En el intervalo de 2.13 a 2.23 mm se registró el 1.45% (que representa seis plantas), lo que significa que los progenitores no combinan para mayor tamaño de grano; de las plantas seleccionadas cinco son plantas de grano amargo y solamente una planta es de grano dulce.

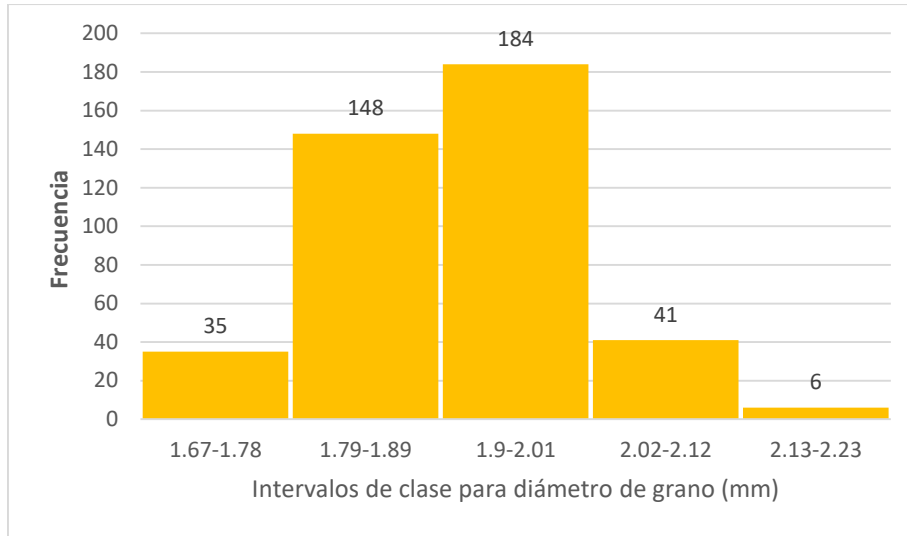


Figura 13: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de diámetro de grano (mm) de la progenie LCP x F₁₀(10)

- **LCV x Blanquita**

Los valores de la media de la población, media de la selección, diferencial y presión de selección determinada para las progenies de la cruce LCV x Blanquita se presentan a continuación:

Media de la población: 1.84 mm

Media de la selección: 2.01 mm

Diferencial de selección: 0.17 mm

Presión de selección: 5.6%

La Figura 14, es una representación gráfica de la distribución de frecuencias para diámetro de grano en progenies de la cruce LCV x Blanquita, constatándose una distribución normal donde la media y la moda coinciden. De esta distribución se ha seleccionado las progenies cuyo diámetro de grano se encuentra en el rango de 1.98 y 2,06 mm de diámetro.

Entre las 19 plantas de grano grande seleccionadas, se tiene dos plantas amargas y 17 plantas dulces que corresponde al 12.5% y 87.5% respectivamente.

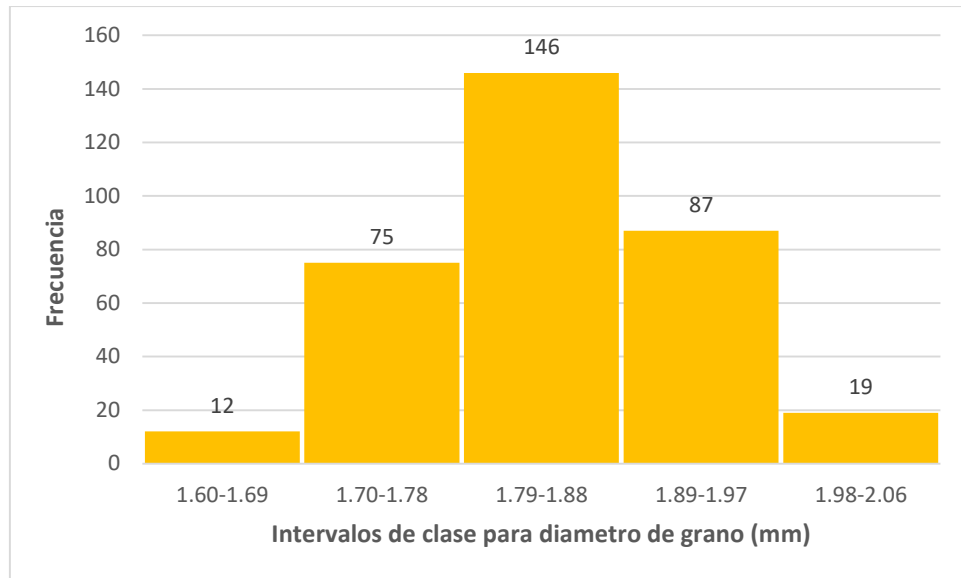


Figura 14: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de Diámetro de grano (mm) en la progenie LCV x Blanquita

- **LCR x F₁₀(71)**

Los valores de la media de la población, media de la selección, diferencial y presión de selección determinada para las progenies de la cruce LCR x F₁₀(71) se presentan a continuación:

Media de la población: 1.87 mm

Media de la selección: 2.05 mm

Diferencial de selección: 0.18 mm

Presión de selección: 8.89%

En la Figura 15, se puede evidenciar que las mayores frecuencias se encuentran en los intervalos de mayor diámetro de grano con tendencia hacia una curva bimodal. De las 24 plantas seleccionadas por la cualidad de grano grande, el 62,5% de las mismas (15 plantas) son de grano dulce y el 37.5% (9 plantas) son de grano amargo.

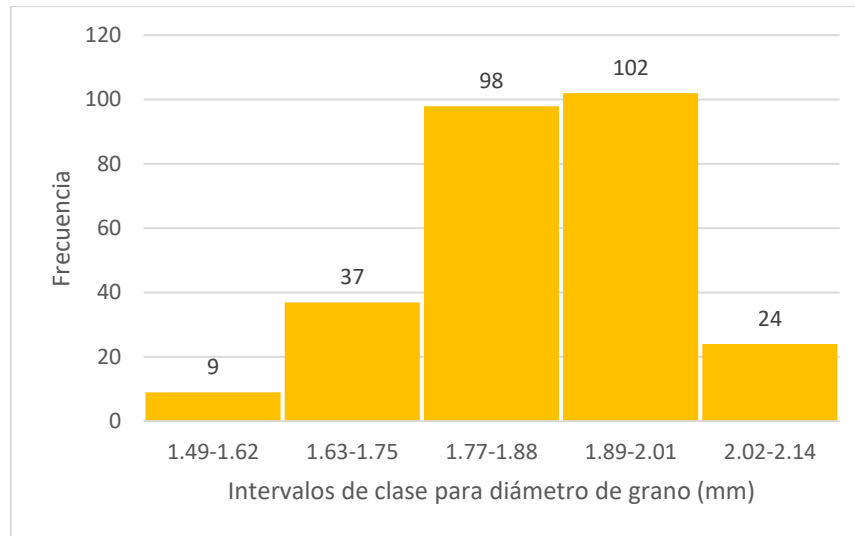


Figura 15: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de diámetro de grano (mm) de la progenie LCR x F₁₀(71)

- **LCT x Kurmi**

Los valores de la media de la población, media de la selección, diferencial y presión de selección determinada para las progenies de la cruce LCT x Kurmi se presentan a continuación:

Medias de la población: 1.80 mm

Media de la selección: 2.02 mm

Diferencial de selección: 0.22 mm

Presión de selección: 4.90%

En la Figura 16, se observa la representación gráfica de las frecuencias de segregación en F₃ de la progenie LCT x Kurmi y muestra una distribución ligeramente inclinada hacia las plantas de grano grande; sin embargo, el número de plantas de grano grande es menor (15 plantas), de las cuales solo 2 plantas son de grano dulce y 13 plantas son de grano amargo.

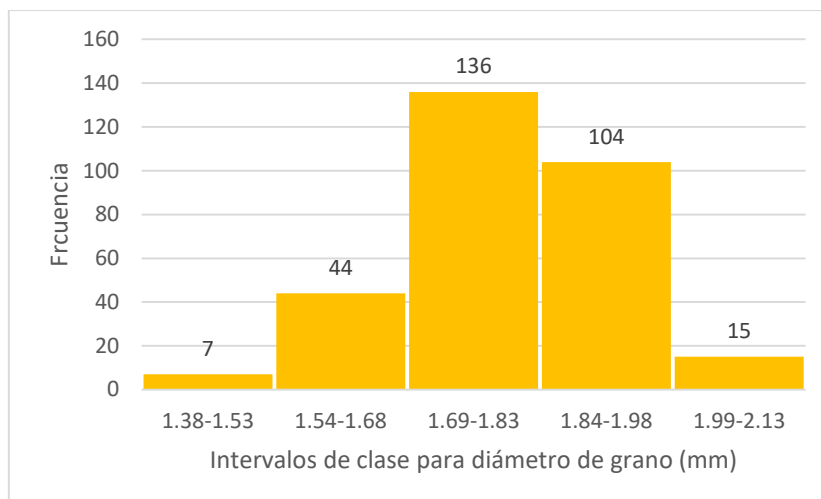


Figura 16: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de Diámetro de grano (mm) de la progenie LCT x Kurmi

- **LCR x F₁₀(127)**

Los valores de la media de la población, media de la selección, diferencial y presión de selección determinada para las progenies de la cruce LCR x F₁₀(127) se presentan a continuación:

Media de la población: 2.136 mm

Media de la selección: 2.326 mm

Diferencial de selección: 0.19 mm

Presión de selección: 6.34%

En la distribución de frecuencias de intervalo de Diámetro de grano (Figura 17) de la cruce LCR x F₁₀(127), muestra una ligera inclinación hacia los intervalos de grano grande. Las plantas que se encuentran en el intervalo de 2.30 y 2.40 mm de diámetro de grano fueron 24, siendo todas ellas de grano amargo; que se explica y corrobora que la cruce es proveniente de ambos progenitores con presencia de saponina.

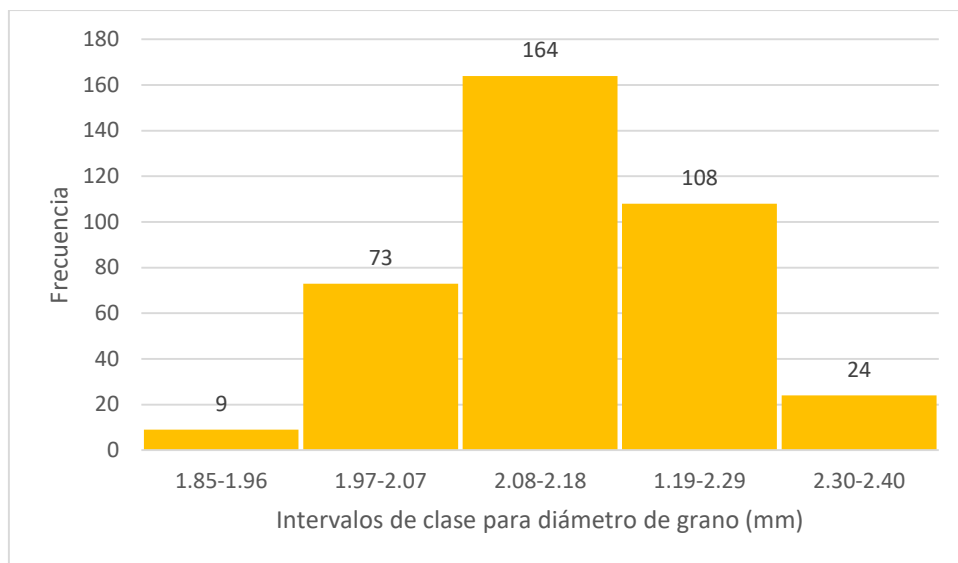


Figura 17: Distribución de frecuencias para intervalos de clase de Diámetro de grano (mm) de la progenie LCR x F₁₀(127)

El siguiente cuadro contiene un resumen de datos de las progenies referente a la presión de selección y el diferencial de selección.

Cuadro 46: Resumen de datos de Presión de selección (PS) y Diferencial de selección (DS)

| PROGENIE | Media población | Media de selección | DS | PS (%) | Saponina (%) | |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|---------|--------|--------------|--------|
| | | | | | Dulce | Amargo |
| LCP x F ₆ (80) | 2.32 mm | 2.47 mm | 0.14 mm | 16.95 | 88 | 12 |
| LCP x F ₁₀ (10) | 1.91 mm | 2.59 mm | 0.68 mm | 1.45 | 16.7 | 83.3 |
| LCV x Blanquita | 1.84 mm | 2.01 mm | 0.17 mm | 5.6 | 87.5 | 12.5 |
| LCR x F ₁₀ (71) | 1.87 mm | 2.05 mm | 0.18 mm | 8.89 | 62.5 | 37.5 |
| LCT x Kurmi | 1.80 mm | 2.02 mm | 0.22 mm | 4.9 | 13.3 | 86.7 |
| LCR x F ₁₀ (127) | 2.14 mm | 2.33 mm | 0.19 mm | 6.34 | - | 100 |

7 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

- De un total de 114 plantas individuales seleccionadas de la F_2 tomando en cuenta los siguientes criterios: altura de planta, resistencia al mildiu y plantas de grano grande; la prueba de progenie en la F_3 , indica que en las progenies LCP x $F_6(80)$ y LCR x $F_{10}(127)$ presentaron los granos más grandes, las progenies LCV x Blanquita y LCP x $F_6(80)$ fueron las que presentaron un porcentaje menor de ataque de mildiu; así mismo las cruzas LCP x $F_6(80)$, LCR x $F_{10}(10)$ y LCV x Blanquita desarrollaron plantas con tallo erguido, erecto y panojas grandes al momento de la cosecha.
- Para la variable altura de planta, las muestras individuales de las cruzas tienen los siguientes promedios: LCP x $F_6(80)$ con 160.56 cm, LCP x $F_{10}(10)$ con 147.70 cm, LCV x Blanquita con 153.42 cm en promedio, LCR x $F_{10}(71)$ con promedio de 155.39 cm, LCT x Kurmi con 142.50 cm y LCR x $F_{10}(127)$ alcanzó una media de 158.90 cm de altura; siendo la progenie LCT x Kurmi la craza con plantas de menor tamaño.
- Para la variable diámetro de grano (tamaño), se tiene que las plantas de la progenie LCP x $F_6(80)$ alcanzó el mayor diámetro con un promedio de 2.34 mm; por otra parte, la craza LCT x Kurmi tiene el menor diámetro de grano con un promedio de 1.80 mm.
- Las progenies que pusieron mayor resistencia al ataque de mildiu son las siguientes: LCP x $F_6(80)$ y LCV x Blanquita con promedios de 47.33% y 48.07% del avance de la enfermedad respectivamente; por otra parte, LCR x $F_{10}(71)$ alcanzó un promedio de 53.93% de severidad de ataque, lo que indica que fue la craza con menor resistencia al ataque de mildiu.

- La presión y diferencial de selección aplicada al diámetro de grano indica que las cruza LCP x F₆(80) y LCV x Blanquita alcanzaron valores de 88.0% y 87.5% del total de plantas de grano dulce, además de ello corresponden a diámetros de 2.32 mm y 1,84 mm respectivamente. La cruza LCR x F₁₀(127) alcanzó un promedio de 2.14 mm de diámetro de grano, pero el 100% de las plantas fueron de grano amargo.
- Los valores de AUDPC en las progenies LCP x F₆(80) y LCV x Blanquita alcanzaron valores de 183.17% y 184.33% respectivamente; el rAUDPC fue de 0.06542 y 0.06583 respectivamente; por el contrario, la progenie LCR x F₁₀(71) registró un AUDPC de 215.83% y el rAUDPC de 0.07708, lo cual indica que es la cruza con menor resistencia a ataque de mildiu; puesto que mayores valores de AUDPC representan mayor porcentaje de severidad.

8 RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

En base a los resultados y conclusiones desarrollados en este trabajo de investigación se plantean las siguientes recomendaciones:

- Realizar investigaciones a profundidad en la segregación de plantas de la crucea LCP x F₆(80) para obtener semillas con mayor diámetro de grano y que además son de grano dulce y poder reproducir masivamente en un futuro.
- Realizar investigaciones en estas mismas progenies para poder determinar la presión y diferencial de selección basándose en diferentes variables de respuesta como ser: altura de planta, resistencia al mildiu, grano grande, grano dulce y de esa forma liberar variedades en el futuro y que pueda producirse en la zona tropical de Bolivia donde la enfermedad del mildiu es una limitante en cultivo extensivo, de esta forma poder competir con otros países en cuanto al rendimiento.
- Evaluar la severidad del ataque de mildiu en la quinua dentro de los ambientes controlados con menor intervalo de días para tener mayor precisión de avance de la enfermedad, cuyos resultados pueden contribuir a los propósitos de introducción de la quinua en el oriente boliviano.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Aroni, J.C. 2005. Fascículo 5- Cosecha y poscosecha. In: PROINPA y FAUTAPO (eds). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinoa: Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinoa Orgánica. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre 2005. Pp. 87-102
- ASPAGRO, 2019. Variedades de la quinoa – ASPAGRO. Agricultura con impacto socioeconómico y medioambiental positivo. Disponible en: <https://www.aspagro.pe/noticias/variedades-de-la-quinoa/>
- Barriga, P.; Pessot, R.; Scaff, R. 1994. Análisis de diversidad genética en germoplasma de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) recolectado en el sur de Chile. *Agro Sur* 22 (No. Esp.) 4 p.
- Bonifacio, A. Mejoramiento de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y Qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el contexto del cambio climático en los altos Andes. *Ciencia e investigación agraria*, 46 (2), 113-124. Consultado el 01 de noviembre de 2022. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v46i2.2146>
- Bonifacio, A. 2006. El futuro de los productos andinos en la región alta y los valles centrales de los Andes. Granos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Perú. ONUDI, Subdivisión de Promoción de Inversión y Tecnología. *En línea*. Disponible en <http://www.unido.org> consultado el 1 de octubre de 2022.
- Bonifacio, A.; Gómez-Pando, L.; Rojas, W. 2014. Mejoramiento genético de la quinoa y el desarrollo de variedades modernas. En: Estado del arte de la quinoa en el mundo 2013. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Disponible en: <https://www.fao.org> Consultado el 18 de septiembre de 2022.
- Bonifacio, A. (2019). Mejoramiento de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y Qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el contexto de cambio climático en los altos Andes. *Ciencia e investigación agraria*, 46 (2), 113-124. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.7764/rcia.v46i2.2146>

- Burgos, B.E. 2018. Métodos de mejoramiento de quinua largo, abril 12 2018 8 pag. Disponible en <https://www.scribd.com/document/376152424/Metodos-de-Mejoramiento-Quinua-Largo>
- Camarena, F., Chura, J., Blas, R.H. 2014. Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. UNALM-AGROBANCO, Lima, Perú. 278 p.
- Choi, Y.J., Danielsen, S., Lübeck, M., Hong, S.B. Delhey, R. and Shin, H.D., 2010. Morphological and molecular characterization of the causal agent of downy mildew disease on quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Mycopathologia*, vol. 169, pp. 403-412.
- Cubero, J.I. 2018. Las variedades locales en la mejora genética de plantas. Cap. De las plantas silvestres a las variedades tradicionales: domesticación y evolución. Departamento de Genética. Universidad de Córdoba. pp 11 – 14. Disponible en: <http://www.bibliotekak.euskadi.net/WebOpac> consultado el 15 de septiembre de 2022.
- Danielsen, S.; Ames, T. 2000. El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en la zona andina: Manual práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno. Centro Internacional de la Papa. Royal Danish Ministry of Foreign Affairs. The Royal Veterinary and Agricultural University. 39 p.
- Dizes, J. y Bonifacio, A. 1992. Estudio en microscopía electrónica de la morfología de los órganos de la quinua (*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, 2011. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial; capítulo 4: Agronomía y su potencial de adaptabilidad de la quinua; pag. 23.

- FAUTAPO, 2009. Plan de manejo y aprovechamiento de suelos para la producción sostenible de Quinoa Real para sud del departamento de Oruro. Fundación FAUTAPO-COMPASUR. Marzo de 2009. 56 p.
- Fernández, M.; Sahonero, R. 2013. Estudio de la morfología y viabilidad de semilla de 8 taxones de quinoa silvestre de Bolivia. *In*: Vargas, M. (eds). Congreso Científico de la Quinoa (Memoria). La Paz – Bolivia. pp. 31 – 41.
- Forbes, G.; Pérez, W.; Andrade Piedra, J. 2014. Procedimiento para Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa. Módulo 3: Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo. Guía para Colaboradores Internacionales. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa (CIP). 50 p.
- Gabriel, J.; Luna, N.; Vargas, A.; Magne, J.; Angulo, A.; LA Torre, J.; Bonifacio, A. 2013. Quinoa de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al mildiu (*Peronospora farinosa* Willd. Editado por: “Selva Andina Research Society”. Pp. 37 y 38.
- Gandarillas, H. 1968. Caracteres botánicos más importantes para la clasificación de la quinoa. *In*: Universidad Nacional Técnica del Altiplano (ed). Anuales de la primera convención de Quenopodiaceas quinoa – cañahua. Puno, Perú. pp 41-49.
- Gandarillas, H., 1979. Investigaciones Agrícolas, Universo. La Paz, Bolivia. Boletín Experimental No.34, 35 p.
- Gandarillas, A.; Bonifacio, A., 1992. Herencia del tiempo de madurez, altura de planta y tamaño del grano en la quinoa. *En*: Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz – Bolivia, 4 al 8 de febrero. pp 3 al 10.
- Gandarillas, A.; Rojas, W.; Bonifacio, A.; Ojeda, N. 2013. Estado del arte de la quinoa. Capítulo: La quinoa en Bolivia: Perspectiva de la Fundación PROINPA. p 424.

- Gómez y Aguilar, 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú 2016. Guía del cultivo de la quinua. Capítulo IV, pag. 17 y 21.
- Gómez, L.; Aguilar, E. 2016. Guía de cultivo de la quinua. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y la Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 130 p.
- GRDC (Grains Research y Development Corporation), 2016. Planta growth and physiology. Recuperado el 27 de octubre del 2022. Disponible en https://grdc.com.au_data/assets/pdf_file/0026/370673/GrowNote-Wheat-Noth-04-Physiology.pdf
- Heisser, C. B. y Nelson, D. C. 1974. On the origin of the cultivated Chenopods (*Chenopodium*). Genetic 78: 503-505.
- Huanca, M.A. 2008. Evaluación del comportamiento agronómico de nueve líneas precoces de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano central provincia Ingavi. Pasantía de grado para obtener el título de Técnico Superior Agropecuario. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Lescano, J.L. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos: quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Programa Interinstitucional de Waru Waru, Convenio INADE/PELT – COTESU. 459 p.
- Lobo Zabala, R.; Berettoni, A.; Ale, J.; Forns, A. s.f. Evaluación de diferentes cultivares de quinua en Tafí del Valle, Tucumán, R. Argentina. pp. 37 y 38. Disponible en: <https://www.eeaoc.gob.ar>
- Montes, C.; Burbano, G.; Muñoz, E. y Calderón, Y. 2018. Descripción del ciclo fenológico de cuatro ecotipos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), en Puracé-Cauca, Colombia. Revista Scielo. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 16(2), 26-37. Consultado el 18 de noviembre de 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.18684/bsaa.v16n2.1163>

- More, MM. 2016. Detección del inoculo primario, sintomatología y control del mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum) en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) en Piura. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú. 59 p. disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe>
- Mujica, A. 1992. Granos y leguminosas andinas. In: J. Hernández, 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. 129 -146 pp.
- Mujica, A.; Canahua, A.; Saravia, R. 2001. Origen y descripción de la quinua; Agronomía del cultivo de la quinua. En: Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO. Santiago, Chile. s.p. Consultado el 3 de octubre de 2022. Disponible en: www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodveg/cdro/m/contenido/libro03/home03.htm
- Mujica, A.; Izquierdo, J.; Jean-Pierre, M. 2004. Origen y descripción de la quinua. Santiago, Chile. p. 20.
- Nakayama, H.D.; González, M.C.; Samudio, A.; Britos, R.M.; Mussi, C.; Cantero, F.; Venancio, J.; Peralta, I. 2018. Fitomejoramiento Participativo del KA'A HE' E. Universidad Nacional de Asunción. Primera edición, septiembre de 2018, p9.
- Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. La Paz, Bolivia. 47 p.
- Opinión, 2021. Consultado el 31 de octubre de 2022. Disponible en: <https://www.opinion.com.bo/articulo/cochabamba/umss-cultiva-10-variedades-quinua-tropico-cruceno/20210811002448830707.html>
- Pinto-Irish, K. 2020. CEAZA, Universidad de Concepción. Estudian capacidad de adaptación de la quinua para crecer en suelos bajos en nutrientes. Publicado por Chilebio en Chilebio Noticias. Disponible en: <http://www.ceaza.cl/2020/08/20/estudian-capacidad-adaptacion-la-quinua-crecer-suelos-bajos-nutrientes/>

- Plata, G.; Bonifacio, A.; Navia, O.; Gandarillas, A. 2014. Las enfermedades en el cultivo de la quinua. Cap. IV. *In: Saravia et al. Plagas y enfermedades del cultivo de quinua.* Cochabamba, Bolivia, Fundación PROINPA: pp. 83 – 132.
- Rojas, W. 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis M.Sc., Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia – Chile. 209 p.
- Rojas, W. 2002. Recolección de germoplasma de cañahua y quinua. En: Informe Técnico Anual 2001 – 2002. Año 1. Proyecto “Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural de escasos recursos”. IPGRI – IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 13-21.
- Rojas, W. 2003. Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. *Food Reviews International.* Vol. 19 (1-2): 9-23.
- Rojas-Beltran, J., Bonifacio, A.; Botani, G.; Maugham, J. 2010. Obtención de nuevas variedades de quinua frente a los efectos del cambio climático. Informe Compendio 2007-2010. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp 67-69.
- Rojas, W.; Pinto, M.; Soto, JL. 2010. Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos *In: Rojas et al. (Eds). Granos andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia.* Bioversity Internacional, Fundación PROINPA. Roma, Italia. Pp. 11 – 23.
- Roque, O. 2019. Diferencias de la constante térmica en las fases fenológicas de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.): precoz y tardía en la microcuenca del distrito de Ayacucho. (Tesis de Postgrado). Huancavelica, Perú. Universidad Nacional de Huancavelica. 84 p.
- Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) 2014. Datos agroclimáticos del Municipio de Viacha, Provincia Ingavi, La Paz, Bolivia.

Tapia, M. 1990. Cultivos Andinos subexplotados 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.

Tapia, M. y Frías, A. 2007. Guía de Campo de los Cultivos Andinos (en línea). Lima, Perú. 209 p. Consultado el 15 de mayo de 2022. Disponible en: <https://vdocuments.site/guia-de-campo-de-los-cultivos-andinos-tapia-mario-y-a-fries-rm-html>

Vallejo, F. y Estrada, E. 2002. Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmeira. Cali, Colombia. 203 – 205 p.

ANEXOS

Anexo 1. Promedio de datos de las variables: Altura de planta (cm) y Longitud de panoja (cm) en etapa de madurez fisiológica de la cruza LCP x F₆(80)

| LCP x F ₆ (80) | Altura de planta (cm) | | | Longitud de panoja (cm) | | | |
|---------------------------|-----------------------|-------|-------|-------------------------|------|------|------|
| | Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| S1 | | 114.7 | 113.6 | 112.1 | 20.1 | 17.2 | 15.8 |
| S2 | | 158.6 | 157.4 | 157.0 | 26.8 | 23.5 | 21.8 |
| S3 | | 160.2 | 157.6 | 144.3 | 31.7 | 26.2 | 24.2 |
| S4 | | 152.6 | 151.4 | 144.8 | 32.6 | 30.8 | 22.9 |
| S5 | | 152.5 | 151.5 | 144.8 | 30.7 | 28.4 | 24.4 |
| S6 | | 159.7 | 157.0 | 155.8 | 21.6 | 18.7 | 10.9 |
| S7 | | 163.5 | 161.5 | 159.7 | 36.0 | 24.8 | 24.0 |
| S8 | | 165.3 | 163.1 | 162.1 | 35.8 | 30.0 | 25.1 |
| S9 | | 165.9 | 163.3 | 162.1 | 30.6 | 26.2 | 25.8 |
| S10 | | 165.7 | 163.9 | 159.4 | 28.9 | 23.0 | 19.7 |
| S11 | | 170.9 | 170.4 | 168.4 | 30.2 | 23.7 | 19.7 |
| S12 | | 172.5 | 171.2 | 169.1 | 27.0 | 25.5 | 22.0 |
| S13 | | 172.7 | 170.0 | 168.7 | 27.7 | 26.1 | 26.6 |
| S14 | | 174.8 | 171.3 | 167.6 | 33.0 | 29.3 | 28.6 |
| S15 | | 171.5 | 168.9 | 167.3 | 25.2 | 23.0 | 20.4 |
| S16 | | 171.5 | 167.6 | 164.8 | 34.9 | 23.6 | 22.4 |
| S17 | | 170.8 | 166.2 | 165.1 | 23.0 | 17.5 | 13.2 |
| S18 | | 165.5 | 163.7 | 168.1 | 34.3 | 29.8 | 22.6 |
| S19 | | 168.1 | 162.5 | 161.6 | 29.2 | 23.8 | 22.2 |

Anexo 2. Promedio de datos de las variables: Diámetro de panoja (cm) y Diámetro de grano (mm) de la cruza LCP x F₆(80)

| LCP x F ₆ (80) | Diámetro de panoja (cm) | | | Diámetro de grano (mm) | | | |
|---------------------------|-------------------------|-----|-----|------------------------|------|------|------|
| | Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| S1 | | 4.0 | 2.6 | 2.1 | 2.02 | 1.97 | 2.02 |
| S2 | | 4.9 | 3.7 | 2.3 | 2.39 | 2.31 | 2.28 |
| S3 | | 3.4 | 2.4 | 2.4 | 2.49 | 2.40 | 2.35 |
| S4 | | 3.8 | 3.6 | 3.1 | 2.51 | 2.43 | 2.41 |
| S5 | | 3.8 | 3.5 | 3.9 | 2.54 | 2.48 | 2.43 |
| S6 | | 3.9 | 3.6 | 3.1 | 2.50 | 2.39 | 2.31 |
| S7 | | 2.6 | 2.6 | 2.2 | 2.49 | 2.48 | 2.39 |
| S8 | | 4.0 | 3.6 | 3.6 | 2.44 | 2.46 | 2.37 |
| S9 | | 3.7 | 2.9 | 2.6 | 2.44 | 2.39 | 2.32 |
| S10 | | 2.9 | 2.6 | 2.6 | 2.44 | 2.38 | 2.28 |
| S11 | | 4.0 | 3.9 | 3.8 | 2.45 | 2.37 | 2.30 |
| S12 | | 2.9 | 2.8 | 2.3 | 2.36 | 2.29 | 2.17 |
| S13 | | 3.5 | 2.7 | 2.6 | 2.47 | 2.38 | 2.27 |
| S14 | | 3.7 | 3.6 | 2.5 | 2.46 | 2.39 | 2.26 |
| S15 | | 3.2 | 3.0 | 3.0 | 2.44 | 2.32 | 2.27 |
| S16 | | 3.6 | 2.9 | 2.2 | 2.39 | 2.35 | 2.29 |
| S17 | | 3.4 | 2.4 | 2.3 | 2.13 | 2.06 | 2.08 |
| S18 | | 4.4 | 3.6 | 3.3 | 2.35 | 2.29 | 2.31 |
| S19 | | 3.6 | 2.6 | 2.4 | 2.20 | 2.20 | 2.16 |

Anexo 3. Promedio de datos de las variables: Altura de planta (cm) y Longitud de panoja (cm) en etapa de madurez fisiológica de la cruza LCP x F₁₀(10)

| LCP x F ₁₀ (10) | Altura de planta (cm) | | | Diámetro de panoja (cm) | | |
|----------------------------|-----------------------|-------|-------|-------------------------|------|------|
| Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| S1 | 136.5 | 135.0 | 132.0 | 26.5 | 21.3 | 17.5 |
| S2 | 133.1 | 122.1 | 122.0 | 19.4 | 17.9 | 17.4 |
| S3 | 157.5 | 144.4 | 137.1 | 27.9 | 21.9 | 18.4 |
| S4 | 151.4 | 142.9 | 136.1 | 25.1 | 24.6 | 22.5 |
| S5 | 184.7 | 172.1 | 169.4 | 40.4 | 28.4 | 25.7 |
| S6 | 163.5 | 159.3 | 154.1 | 26.4 | 23.0 | 22.9 |
| S7 | 180.1 | 170.4 | 161.4 | 23.9 | 21.0 | 19.2 |
| S8 | 175.9 | 160.6 | 158.6 | 29.6 | 26.1 | 29.6 |
| S9 | 183.7 | 169.1 | 165.2 | 27.5 | 24.5 | 23.7 |
| S10 | 160.4 | 158.6 | 154.0 | 31.5 | 27.9 | 26.4 |
| S11 | 156.8 | 151.9 | 140.3 | 21.7 | 21.6 | 21.2 |
| S12 | 146.5 | 135.7 | 110.9 | 23.6 | 21.1 | 15.4 |
| S13 | 160.6 | 136.2 | 135.5 | 31.2 | 18.8 | 18.5 |
| S14 | 140.7 | 128.5 | 119.2 | 30.1 | 22.0 | 18.8 |
| S15 | 165.9 | 138.3 | 133.0 | 33.3 | 20.9 | 19.8 |
| S16 | 123.1 | 113.2 | 112.9 | 22.7 | 14.6 | 13.9 |
| S17 | 136.0 | 135.8 | 135.1 | 22.1 | 21.0 | 19.2 |
| S18 | 153.8 | 143.7 | 141.2 | 25.7 | 22.4 | 21.6 |
| S19 | 141.0 | 137.0 | 136.9 | 22.5 | 19.9 | 18.4 |
| S20 | 157.0 | 152.9 | 143.4 | 27.5 | 20.1 | 34.6 |
| S21 | 153.5 | 151.4 | 147.9 | 34.6 | 30.7 | 25.9 |
| S22 | 146.2 | 145.4 | 138.5 | 26.7 | 24.9 | 21.5 |
| S23 | 140.9 | 133.6 | 129.2 | 26.6 | 24.8 | 24.1 |

Anexo 4. Promedio de datos de las variables: Diámetro de panoja (cm) y Diámetro de grano (mm) de la cruza LCP x F₁₀(10)

| LCP x F ₁₀ (10) | Diámetro de panoja (cm) | | | Diámetro de grano (mm) | | |
|----------------------------|-------------------------|-----|-----|------------------------|------|------|
| Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| S1 | 4.9 | 4.3 | 4.0 | 1.83 | 1.88 | 1.81 |
| S2 | 5.1 | 4.9 | 5.1 | 1.86 | 1.88 | 1.89 |
| S3 | 6.3 | 4.4 | 4.4 | 1.90 | 1.94 | 1.91 |
| S4 | 5.5 | 4.2 | 5.0 | 1.81 | 1.82 | 1.79 |
| S5 | 5.7 | 5.0 | 4.9 | 1.81 | 1.77 | 1.85 |
| S6 | 5.1 | 4.1 | 4.7 | 1.96 | 1.94 | 1.89 |
| S7 | 5.6 | 5.1 | 5.1 | 1.91 | 1.92 | 1.93 |
| S8 | 4.3 | 4.7 | 3.7 | 1.82 | 1.89 | 1.90 |
| S9 | 6.3 | 6.0 | 5.0 | 1.87 | 1.85 | 1.86 |
| S10 | 5.2 | 5.4 | 6.4 | 1.85 | 1.87 | 1.86 |
| S11 | 4.6 | 4.9 | 5.1 | 1.85 | 1.87 | 1.79 |
| S12 | 4.1 | 4.4 | 4.6 | 1.87 | 1.92 | 1.90 |
| S13 | 5.1 | 4.2 | 4.4 | 1.99 | 1.96 | 2.04 |
| S14 | 5.2 | 4.1 | 3.8 | 1.92 | 1.90 | 2.00 |
| S15 | 7.7 | 4.9 | 4.6 | 1.86 | 1.91 | 2.02 |
| S16 | 4.5 | 3.5 | 3.4 | 1.96 | 1.99 | 2.08 |
| S17 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 1.96 | 1.88 | 2.02 |
| S18 | 4.3 | 4.0 | 3.6 | 1.89 | 1.93 | 1.90 |
| S19 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 1.96 | 1.90 | 1.97 |
| S20 | 4.6 | 4.7 | 3.6 | 1.93 | 1.87 | 1.90 |
| S21 | 6.7 | 5.3 | 5.6 | 1.98 | 1.8 | 1.96 |
| S22 | 5.9 | 6.0 | 4.6 | 1.98 | 1.94 | 1.96 |
| S23 | 5.3 | 4.5 | 5.0 | 1.95 | 1.94 | 1.89 |

Anexo 5. Promedio de datos de las variables: Altura de planta (cm) y Longitud de panoja (cm) de la cruza LCV x Blanquita

| LCV x Blanquita | Altura de planta (cm) | | | Diámetro de panoja (cm) | | |
|-----------------|-----------------------|-------|-------|-------------------------|------|------|
| | Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 |
| S1 | 166.0 | 160.3 | 156.8 | 18.9 | 18.7 | 15.0 |
| S2 | 170.0 | 162.0 | 150.0 | 20.0 | 16.4 | 15.9 |
| S3 | 169.3 | 160.8 | 157.0 | 17.2 | 14.5 | 13.0 |
| S4 | 166.0 | 153.6 | 150.2 | 18.8 | 16.5 | 12.0 |
| S5 | 160.3 | 154.2 | 145.0 | 14.3 | 12.5 | 12.3 |
| S6 | 167.5 | 156.8 | 153.2 | 22.1 | 18.0 | 17.2 |
| S7 | 160.3 | 155.0 | 140.3 | 20.7 | 18.3 | 16.8 |
| S8 | 158.5 | 157.3 | 155.0 | 23.1 | 20.0 | 12.1 |
| S9 | 163.5 | 159.4 | 156.4 | 20.1 | 19.7 | 17.6 |
| S10 | 165.6 | 160.0 | 155.5 | 22.0 | 21.2 | 16.9 |
| S11 | 166.1 | 158.3 | 152.3 | 24.0 | 21.5 | 18.7 |
| S12 | 150.3 | 146.4 | 140.5 | 15.3 | 14.3 | 10.6 |
| S13 | 152.0 | 145.1 | 140.0 | 14.4 | 9.7 | 8.7 |
| S14 | 160.5 | 148.5 | 146.3 | 21.4 | 13.9 | 13.6 |
| S15 | 166.3 | 150.3 | 145.6 | 25.5 | 15.9 | 11.7 |
| S16 | 162.1 | 153.0 | 149.5 | 20.0 | 17.7 | 13.1 |
| S17 | 145.0 | 140.0 | 136.0 | 13.9 | 12.1 | 8.2 |
| S18 | 143.5 | 140.2 | 138.2 | 18.8 | 15.4 | 15.2 |
| S19 | 143.7 | 139.3 | 138.0 | 13.1 | 10.6 | 10.0 |

Anexo 6. Promedio de datos variables: Diámetro de panoja (cm) y Diámetro de grano (mm) de la cruza LCV x Blanquita

| LCV x Blanquita | Diámetro de panoja (cm) | | | Diámetro de grano (mm) | | |
|-----------------|-------------------------|-----|-----|------------------------|------|------|
| | Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 |
| S1 | 2.9 | 2.7 | 2.3 | 1.88 | 1.87 | 1.84 |
| S2 | 4.1 | 3.1 | 3.0 | 1.85 | 1.89 | 1.89 |
| S3 | 3.3 | 3.1 | 2.4 | 1.77 | 1.77 | 1.76 |
| S4 | 3.3 | 2.9 | 2.3 | 1.81 | 1.78 | 1.77 |
| S5 | 3.0 | 2.9 | 2.4 | 1.85 | 1.89 | 1.91 |
| S6 | 3.2 | 3.2 | 2.8 | 1.91 | 1.96 | 1.97 |
| S7 | 4.0 | 2.9 | 2.9 | 1.82 | 1.83 | 1.94 |
| S8 | 3.1 | 3.1 | 1.7 | 1.84 | 1.89 | 1.85 |
| S9 | 3.3 | 3.0 | 2.9 | 1.81 | 1.80 | 1.85 |
| S10 | 4.0 | 3.9 | 2.8 | 1.77 | 1.79 | 1.77 |
| S11 | 3.5 | 3.4 | 3.0 | 1.82 | 1.88 | 1.89 |
| S12 | 3.9 | 3.0 | 2.3 | 1.82 | 1.77 | 1.72 |
| S13 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 1.82 | 1.82 | 1.83 |
| S14 | 4.0 | 2.8 | 2.3 | 1.91 | 1.88 | 1.86 |
| S15 | 4.7 | 3.0 | 2.2 | 1.82 | 1.88 | 1.82 |
| S16 | 4.1 | 3.4 | 2.7 | 1.94 | 1.79 | 1.88 |
| S17 | 2.7 | 2.4 | 2.0 | 1.89 | 1.90 | 1.93 |
| S18 | 4.2 | 3.2 | 2.1 | 1.79 | 1.80 | 1.74 |
| S19 | 2.9 | 2.2 | 2.1 | 1.78 | 1.89 | 1.82 |

Anexo 7. Promedio de datos de las variables: Altura de planta (cm) y Diámetro de panoja (cm) en etapa de madurez fisiológica de la cruz LCR x F₁₀(71)

| LCR x F ₁₀ (71) | Altura de planta (cm) | | | Diámetro de panoja (cm) | | |
|----------------------------|-----------------------|-------|-------|-------------------------|------|------|
| Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| S1 | 160.0 | 156.4 | 150.4 | 17.9 | 13.6 | 12.8 |
| S2 | 157.3 | 151.5 | 149.3 | 11.0 | 9.1 | 8.5 |
| S3 | 163.5 | 160.5 | 158.1 | 21.0 | 14.6 | 12.3 |
| S4 | 157.0 | 154.3 | 151.3 | 14.1 | 10.7 | 8.6 |
| S5 | 160.8 | 156.4 | 149.3 | 22.2 | 14.7 | 11.7 |
| S6 | 156.5 | 152.5 | 149.3 | 11.6 | 9.9 | 9.6 |
| S7 | 160.0 | 157.6 | 153.0 | 14.2 | 12.8 | 8.4 |
| S8 | 155.0 | 151.5 | 150.0 | 11.6 | 11.4 | 6.0 |
| S9 | 159.3 | 156.8 | 153.7 | 16.4 | 14.0 | 9.6 |
| S10 | 162.3 | 158.5 | 154.0 | 20.7 | 12.5 | 12.1 |
| S11 | 159.0 | 156.4 | 152.8 | 13.7 | 9.8 | 8.8 |
| S12 | 160.5 | 157.0 | 153.6 | 17.8 | 10.0 | 7.9 |
| S13 | 161.7 | 158.3 | 155.0 | 18.5 | 14.1 | 11.1 |
| S14 | 160.3 | 156.0 | 152.8 | 17.7 | 13.8 | 12.2 |
| S15 | 150.8 | 147.0 | 145.3 | 12.8 | 11.8 | 7.6 |

Anexo 8. Promedio de datos variables: Diámetro de panoja (cm) y Diámetro de grano (mm) en etapa de madurez fisiológica de la cruz LCR x F₁₀(71)

| LCR x F ₁₀ (71) | Diámetro de panoja (cm) | | | Diámetro de grano (mm) | | |
|----------------------------|-------------------------|-----|-----|------------------------|------|------|
| Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| S1 | 4.0 | 3.1 | 2.9 | 1.88 | 1.87 | 1.92 |
| S2 | 2.4 | 2.1 | 1.8 | 1.97 | 1.97 | 1.94 |
| S3 | 4.0 | 3.2 | 2.4 | 1.92 | 1.95 | 1.98 |
| S4 | 2.8 | 2.0 | 1.4 | 1.90 | 1.88 | 1.86 |
| S5 | 3.7 | 3.1 | 2.2 | 1.85 | 1.89 | 1.88 |
| S6 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.81 | 1.81 | 1.79 |
| S7 | 2.5 | 2.3 | 1.2 | 1.80 | 1.74 | 1.68 |
| S8 | 2.3 | 2.1 | 1.4 | 1.80 | 1.72 | 1.74 |
| S9 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 1.88 | 1.88 | 1.83 |
| S10 | 3.9 | 2.4 | 2.2 | 1.96 | 1.99 | 1.93 |
| S11 | 3.7 | 2.2 | 1.6 | 1.83 | 1.86 | 1.80 |
| S12 | 3.7 | 1.7 | 1.2 | 1.89 | 1.91 | 1.89 |
| S13 | 3.0 | 2.3 | 2.2 | 2.04 | 1.99 | 2.01 |
| S14 | 3.6 | 2.5 | 2.5 | 1.81 | 1.73 | 1.79 |
| S15 | 2.3 | 2.2 | 1.5 | 1.82 | 1.75 | 1.81 |

Anexo 9. Promedio de datos de las variables: Altura de planta (cm) y Diámetro de panoja (cm) en etapa de madurez fisiológica de la cruza LCT x Kurmi

| LCT x Kurmi | Altura de planta (cm) | | | Diámetro de panoja (cm) | | |
|-------------|-----------------------|-------|-------|-------------------------|------|------|
| Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| S1 | 150.0 | 147.6 | 143.0 | 16.7 | 16.6 | 12.6 |
| S2 | 158.3 | 155.6 | 153.2 | 12.9 | 12.7 | 11.3 |
| S3 | 158.3 | 155.6 | 153.2 | 18.2 | 14.3 | 9.9 |
| S4 | 148.3 | 146.4 | 143.0 | 15.3 | 12.9 | 12.8 |
| S5 | 151.3 | 148.3 | 146.4 | 16.7 | 12.9 | 11.6 |
| S6 | 159.7 | 157.0 | 152.3 | 21.0 | 17.1 | 13.0 |
| S7 | 156.0 | 154.0 | 150.5 | 12.1 | 11.6 | 10.9 |
| S8 | 155.0 | 153.8 | 151.3 | 17.9 | 12.7 | 11.2 |
| S9 | 149.7 | 146.4 | 143.0 | 13.6 | 12.8 | 8.3 |
| S10 | 160.0 | 157.4 | 155.1 | 19.0 | 16.7 | 13.5 |
| S11 | 151.6 | 147.8 | 145.3 | 12.4 | 10.8 | 10.2 |
| S12 | 150.8 | 147.0 | 143.5 | 14.6 | 11.6 | 8.9 |
| S13 | 152.5 | 149.3 | 146.0 | 13.3 | 12.5 | 11.5 |
| S14 | 160.1 | 158.3 | 155.2 | 14.8 | 13.3 | 11.0 |
| S15 | 159.3 | 157.2 | 156.5 | 16.3 | 12.9 | 11.2 |
| S16 | 151.0 | 149.3 | 146.5 | 15.8 | 11.8 | 8.3 |
| S17 | 153.2 | 149.5 | 145.0 | 13.8 | 13.5 | 10.3 |

Anexo 10. Promedio de datos de las variables: Diámetro de panoja (cm) y Diámetro de grano (mm) de la cruza LCT x Kurmi

| LCT x Kurmi | Diámetro de panoja (cm) | | | Diámetro de grano (mm) | | |
|-------------|-------------------------|-----|-----|------------------------|------|------|
| Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| S1 | 3.5 | 3.2 | 2.4 | 1.76 | 1.67 | 1.73 |
| S2 | 2.7 | 2.4 | 2.1 | 1.81 | 1.68 | 1.71 |
| S3 | 3.5 | 2.8 | 2.0 | 1.64 | 1.67 | 1.75 |
| S4 | 3.4 | 3.3 | 3.3 | 1.83 | 1.88 | 1.95 |
| S5 | 3.6 | 3.0 | 2.3 | 1.90 | 1.90 | 1.83 |
| S6 | 4.6 | 4.1 | 3.6 | 1.81 | 1.84 | 1.86 |
| S7 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.72 | 1.68 | 1.68 |
| S8 | 3.5 | 2.6 | 2.4 | 1.79 | 1.97 | 1.88 |
| S9 | 3.1 | 2.9 | 1.7 | 1.91 | 1.79 | 1.94 |
| S10 | 3.4 | 3.1 | 2.9 | 1.92 | 1.89 | 1.89 |
| S11 | 2.2 | 2.0 | 1.9 | 1.81 | 1.80 | 1.68 |
| S12 | 2.8 | 2.3 | 2.0 | 1.79 | 1.74 | 1.67 |
| S13 | 3.1 | 2.8 | 2.5 | 1.78 | 1.67 | 1.78 |
| S14 | 2.9 | 2.6 | 2.2 | 1.75 | 1.79 | 1.73 |
| S15 | 3.0 | 2.3 | 2.3 | 1.78 | 1.76 | 1.72 |
| S16 | 2.8 | 2.3 | 1.7 | 1.96 | 1.89 | 1.81 |
| S17 | 2.9 | 2.8 | 2.1 | 1.80 | 1.83 | 1.79 |

Anexo 11. Promedio de datos de las variables: Diámetro de panoja (cm) y Diámetro de grano (mm) en etapa de madurez fisiológica de la cruza LCR x F₁₀(71)

| LCR x F ₁₀ (127) | Altura de planta (cm) | | | Diámetro de panoja (cm) | | |
|-----------------------------|-----------------------|-------|-------|-------------------------|------|------|
| Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| S1 | 166.5 | 164.0 | 160.3 | 18.9 | 13.3 | 10.5 |
| S2 | 163.4 | 160.1 | 156.5 | 17.5 | 13.8 | 10.0 |
| S3 | 165.0 | 162.8 | 157.0 | 17.6 | 12.1 | 10.9 |
| S4 | 164.3 | 160.5 | 155.7 | 16.6 | 14.8 | 14.5 |
| S5 | 162.0 | 159.3 | 156.0 | 15.2 | 14.3 | 12.1 |
| S6 | 165.3 | 161.3 | 158.3 | 18.0 | 16.0 | 16.0 |
| S7 | 160.0 | 157.5 | 153.0 | 14.1 | 13.2 | 11.4 |
| S8 | 166.8 | 161.7 | 155.8 | 18.7 | 15.0 | 14.5 |
| S9 | 164.5 | 160.5 | 153.5 | 19.9 | 15.3 | 14.4 |
| S10 | 160.0 | 157.4 | 152.6 | 12.0 | 11.4 | 11.1 |
| S11 | 167.5 | 162.0 | 157.4 | 18.2 | 17.7 | 16.6 |
| S12 | 159.8 | 157.0 | 152.0 | 15.5 | 12.2 | 11.7 |
| S13 | 159.5 | 156.8 | 151.5 | 15.9 | 13.9 | 12.5 |
| S14 | 163.1 | 160.0 | 155.0 | 18.6 | 15.3 | 14.2 |
| S15 | 160.3 | 156.8 | 153.2 | 16.0 | 14.2 | 12.0 |
| S16 | 161.0 | 159.0 | 154.6 | 16.8 | 13.2 | 10.2 |
| S17 | 163.5 | 160.5 | 156.1 | 16.0 | 12.5 | 11.5 |
| S18 | 160.5 | 156.4 | 152.0 | 19.2 | 16.9 | 13.1 |
| S19 | 156.0 | 152.0 | 148.3 | 15.7 | 11.1 | 10.5 |
| S20 | 159.3 | 157.3 | 153.0 | 14.9 | 11.8 | 10.7 |
| S21 | 168.4 | 163.0 | 156.0 | 20.3 | 14.6 | 11.4 |

Anexo 12. Promedio de datos variables: Diámetro de panoja (cm) y Diámetro de grano (mm) de la cruza LCR x F₁₀(127)

| LCR x F ₁₀ (127) | Diámetro de panoja (cm) | | | Diámetro de grano (mm) | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|-----|------------------------|------|------|
| Planta ind. | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| S1 | 4.0 | 2.6 | 2.1 | 2.12 | 2.14 | 2.15 |
| S2 | 4.9 | 3.7 | 2.3 | 2.03 | 2.02 | 2.00 |
| S3 | 3.4 | 2.4 | 2.4 | 2.27 | 2.15 | 2.29 |
| S4 | 3.8 | 3.6 | 3.1 | 2.17 | 2.09 | 2.15 |
| S5 | 3.8 | 3.5 | 2.9 | 2.18 | 2.15 | 2.15 |
| S6 | 3.9 | 3.6 | 3.1 | 2.17 | 2.13 | 2.16 |
| S7 | 2.6 | 2.6 | 2.2 | 2.13 | 2.20 | 2.17 |
| S8 | 4.0 | 3.6 | 3.6 | 2.16 | 2.11 | 2.15 |
| S9 | 3.7 | 2.9 | 2.6 | 2.19 | 2.10 | 2.23 |
| S10 | 2.9 | 2.6 | 2.6 | 2.12 | 2.16 | 2.20 |
| S11 | 4.0 | 3.9 | 3.8 | 2.25 | 2.27 | 2.27 |
| S12 | 2.9 | 2.8 | 2.3 | 2.09 | 2.05 | 2.04 |
| S13 | 3.5 | 2.7 | 2.6 | 2.12 | 2.20 | 2.16 |
| S14 | 3.7 | 3.6 | 2.5 | 2.24 | 2.29 | 2.20 |
| S15 | 3.2 | 3.0 | 3.0 | 2.09 | 2.15 | 2.23 |
| S16 | 3.6 | 2.9 | 2.2 | 2.03 | 2.10 | 2.08 |
| S17 | 3.4 | 2.4 | 2.3 | 2.13 | 2.13 | 2.07 |
| S18 | 4.4 | 3.6 | 3.3 | 2.06 | 2.07 | 2.13 |
| S19 | 3.6 | 2.6 | 2.4 | 2.12 | 2.21 | 2.15 |
| S20 | 3.7 | 2.8 | 2.3 | 2.10 | 2.15 | 2.17 |
| S21 | 3.8 | 3.2 | 3.1 | 2.19 | 2.19 | 2.15 |

Anexo 13. Porcentaje de avance del mildiu (severidad) en intervalos de siete días

| Cruza | Bloque | SV-31 d | SV-38 d | SV-45 d | SV-52 d | SV-59 d |
|--------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Población 1 | I | 1.00 | 9.00 | 20.00 | 33.00 | 50.00 |
| | II | 3.00 | 10.00 | 26.00 | 43.00 | 60.00 |
| | III | 1.00 | 8.00 | 20.00 | 35.00 | 52.00 |
| Población 2 | I | 0.00 | 8.00 | 23.00 | 35.00 | 55.00 |
| | II | 2.00 | 12.00 | 30.00 | 45.00 | 62.00 |
| | III | 1.00 | 10.00 | 28.00 | 40.00 | 58.00 |
| Población 3 | I | 1.00 | 10.00 | 25.00 | 38.00 | 53.00 |
| | II | 5.00 | 15.00 | 30.00 | 40.00 | 58.00 |
| | III | 2.00 | 10.00 | 30.00 | 42.00 | 55.00 |
| Población 4 | I | 5.00 | 15.00 | 35.00 | 50.00 | 65.00 |
| | II | 3.00 | 12.00 | 28.00 | 45.00 | 63.00 |
| | III | 3.00 | 15.00 | 35.00 | 55.00 | 68.00 |
| Población 5 | I | 1.00 | 10.00 | 25.00 | 40.00 | 55.00 |
| | II | 3.00 | 12.00 | 30.00 | 50.00 | 63.00 |
| | III | 2.00 | 12.00 | 35.00 | 45.00 | 58.00 |
| Población 6 | I | 5.00 | 15.00 | 33.00 | 50.00 | 65.00 |
| | II | 3.00 | 13.00 | 30.00 | 47.00 | 62.00 |
| | III | 2.00 | 12.00 | 30.00 | 45.00 | 60.00 |

Anexo 14. Promedio de valores para el cálculo del AUDPC

| | Progenitores | 31 d | 38 d | 45 d | 52 d | 59 d |
|--------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Población 1 | LCP x F ₆ (80) | 1,67 | 9,00 | 22,00 | 37,00 | 54,00 |
| Población 2 | LCP x F ₁₀ (10) | 1,00 | 10,00 | 27,00 | 40,00 | 58,33 |
| Población 3 | LCV x Blanquita | 2,67 | 11,67 | 28,33 | 40,00 | 55,33 |
| Población 4 | LCR x F ₁₀ (71) | 3,67 | 14,00 | 32,67 | 50,00 | 65,33 |
| Población 5 | LCT x Kurmi | 2,00 | 11,33 | 30,00 | 45,00 | 58,67 |
| Población 6 | LCR x F ₁₀ (127) | 3,33 | 13,33 | 31,00 | 47,33 | 62,33 |

Anexo 15. Trabajos previos a la siembra



Preparación del terreno y aplicación de abono



Apertura de surcos



Riego de los surcos



Alineado de los surcos

Anexo 16. Siembra de las progenies



Siembra de las progenies en los surcos,
aplicando el método de siembra de chorro continuo

Anexo 17. Fases fenológicas del cultivo



Emergencia de plántulas



Cultivo en fase de cotiledones



Fase de dos hojas verdaderas



Fase de cuatro hojas verdaderas



Fase de seis hojas verdaderas



Fase de ramificación



Fase de ramificación



Inicio de panojamiento



Fase de panojamiento



Inicio de floración



Fase de floración



Fase de grano lechoso



Fase de grano pastoso



Madurez fisiológica

Anexo 18. Labores culturales y post cosecha



Raleo de plántulas



Muestreo de plantas al azar



Cosecha de muestras

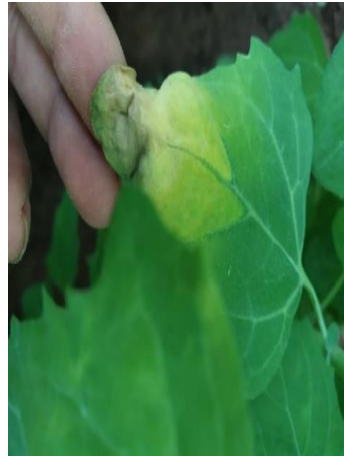


Medición de diámetro de grano

Anexo 19. Avance de la enfermedad de mildiu



Mildiu en planta de quinua



Avance de la enfermedad



Severidad del ataque de mildiu

