

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE RESISTENCIA AL MILDIU (*Peronospora variabilis*) EN LINEAS
AVANZADAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Presentado por:

ELBA DIONICIA FLORES FLORES

LA PAZ – BOLIVIA

2022

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

EVALUACIÓN DE RESISTENCIA AL MILDIU (*Peronospora variabilis*) EN LINEAS
AVANZADAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*)

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

ELBA DIONICIA FLORES FLORES

Asesor:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Revisores:

Ph.D. David Cruz Choque

Ing. Freddy Cadena Miranda

Ing. M. Sc. Estanislao Poma Loza

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador

La Paz – Bolivia

2022

DEDICATORIA:

“A Dios por darme la vida, sabiduría y las fuerzas para seguir adelante”. A mis queridos padres: Alejandro Flores y Ceferina Flores por todo el esfuerzo realizado, por brindarme su amor, paciencia, comprensión, confianza y enseñanza de lucha. A mi hermano Roly por tenerlo a mi lado apoyándome en situaciones adversas y compartir momentos de alegrías y tristezas

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios, por ser un refugio en los momentos caóticos, a mis queridos padres Alejandro Flores y Ceferina Flores por todo el cariño, consejos y el gran esfuerzo que hicieron para que pueda culminar con mis estudios, por darme la oportunidad de demostrar ser alguien en la vida, por el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, del mismo modo agradecer a mi hermano por su apoyo incondicional en todo momento.

A la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), por haberme acogido y formado en sus aulas que fueron un segundo hogar durante los años de estudio, al plantel docente por los conocimientos impartidos, que en su labor de enseñanza nos guían y orientan en diferentes etapas del aprendizaje.

A la fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos), por su apoyo en la ejecución del trabajo de investigación. Un agradecimiento especial a mí asesor Ing. Ph.D. Alejandro Bonifacio Flores por su constante apoyo, orientación, colaboración dándome consejos acerca de su conocimiento, sobre las sugerencias durante la investigación y redacción del presente documento, pero sobre todo agradecerle por su comprensión y la enseñanza más grande que puedo rescatar fue: la paciencia con la que lidia los problemas, momentos caóticos, el trabajo a presión que siempre estará presente en el área laboral.

A los miembros del tribunal revisor Ph.D. David Cruz Choque, Ing. Freddy Cadena Miranda e Ing. M. Sc. Estanislao Poma Loza por su tiempo empleado para la revisión del documento, aportando valiosas sugerencias y correcciones que permitieron concluir el trabajo, también a los amigos que me dieron un apoyo. Muchas gracias a todos.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	I
INDICE DE CUADROS	IV
INDICE DE FIGURAS	V
INDICE DE FOTOGRAFIA	VII
RESUMEN	X
SUMMARY	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GENERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2.3. HIPÓTESIS	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. CENTROS DE ORIGEN Y DIVERSIDAD DE LA QUINUA	4
3.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	5
3.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y TAXONÓMICA	5
3.4. FASES FENOLÓGICAS	7
3.5. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE QUINUA (<i>CHENOPODIUM QUINOA</i> WILLD.).....	9
3.6. APORTES POTENCIALES DE LA QUINUA A LA SEGURIDAD Y SOBERANÍA ALIMENTARIA	10
3.7. MEJORAMIENTO	10
3.8. LÍNEAS EN QUINUA.....	12
3.9. OBTENCIÓN DE LÍNEAS MEJORADAS.....	12
3.10. MILDIU (<i>PERONOSPORA VARIABILIS</i>) DE LA QUINUA	13
3.10.1. <i>Sistemática</i>	14
3.10.2. <i>Morfología del hongo causante del mildiu</i>	14
3.10.3. <i>Ciclo de vida</i>	17
3.10.4. <i>Epidemiología</i>	18
3.10.5. <i>Síntomas</i>	19
3.10.6. <i>Variación genética del mildiu</i>	19
3.10.7. <i>Fuentes de resistencia en quinua</i>	20
3.10.8. <i>Evaluación de la enfermedad</i>	21
3.10.9. <i>Identificación de la enfermedad</i>	22
4. LOCALIZACIÓN	23
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	23

4.2.	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	24
4.2.1.	<i>Clima</i>	24
4.2.2.	<i>Fisiografía</i>	24
4.2.3.	<i>Suelo</i>	24
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
5.1.	MATERIALES	26
5.1.1.	<i>Material biológico</i>	26
5.1.2.	<i>Material de campo</i>	27
5.1.3.	<i>Material de laboratorio</i>	27
5.1.4.	<i>Material de gabinete</i>	27
5.1.5.	<i>Insumos</i>	27
5.2.	METODOLOGÍA.....	27
5.2.1.	<i>Procedimiento experimental en campo</i>	27
5.2.1.1.	<i>Preparación del terreno</i>	27
5.2.1.2.	<i>Preparación de semilla para su siembra</i>	28
5.2.1.3.	<i>Siembra</i>	28
5.2.1.4.	<i>Delimitación del área</i>	28
5.2.1.5.	<i>Marbeteado de plantas</i>	29
5.2.1.6.	<i>Labores culturales</i>	29
5.2.1.7.	<i>Plagas y enfermedades</i>	30
5.2.1.8.	<i>Ataque ornitológico</i>	31
5.2.1.9.	<i>Factores abióticos</i>	31
5.2.2.	<i>Diseño experimental</i>	31
5.2.3.	<i>Croquis experimental</i>	32
5.2.4.	<i>Características del área experimental</i>	32
5.2.5.	<i>Variables de respuesta</i>	33
5.2.5.1.	<i>Variables agronómicas</i>	33
5.2.5.1.1.	<i>Altura de planta</i>	33
5.2.5.1.2.	<i>Diámetro de panoja</i>	33
5.2.5.1.3.	<i>Longitud de panoja</i>	34
5.2.5.1.4.	<i>Índice de cosecha</i>	34
5.2.5.1.5.	<i>Porcentaje de tamaño de grano según calibre</i>	34
5.2.5.1.6.	<i>Peso hectolítrico</i>	35
5.2.5.1.7.	<i>Rendimiento</i>	35
5.2.5.2.	<i>Variables de la enfermedad</i>	35
5.2.5.2.1.	<i>Porcentaje de severidad del mildiu</i>	35
5.2.5.2.2.	<i>Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC)</i>	36
6.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	37
6.1.	DATOS METEOROLÓGICOS.....	37
6.1.1.	<i>Temperatura</i>	37
6.1.2.	<i>Humedad relativa</i>	38
6.1.3.	<i>Precipitación pluvial</i>	39

6.2.	VARIABLES AGRONÓMICAS	40
6.2.1.	<i>Altura de planta en las fases fenológicas del cultivo.</i>	40
6.2.2.	<i>Diámetro de panoja</i>	49
6.2.3.	<i>Longitud de panoja</i>	49
6.2.4.	<i>Índice de cosecha</i>	50
6.2.5.	<i>Peso hectolítrico</i>	53
6.2.6.	<i>Rendimiento de grano</i>	55
6.2.7.	<i>Porcentaje de tamaño de grano</i>	58
6.3.	VARIABLES DE LA ENFERMEDAD	59
6.3.1.	<i>Porcentaje de severidad del mildiu en las fases fenológicas del cultivo.</i>	59
6.3.2.	<i>Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC)</i>	70
7.	CONCLUSIÓN	77
8.	RECOMEDACIÓN	79
9.	BIBLIOGRAFÍA	80
10.	ANEXOS	92

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características del material genético.	26
Cuadro 2. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de ramificación.	40
Cuadro 3. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de inicio de panojamiento.....	40
Cuadro 4. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de panojamiento.....	41
Cuadro 5. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de floración.	41
Cuadro 6. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de grano lechoso....	42
Cuadro 7. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de madurez fisiológica.	42
Cuadro 8. Análisis de varianza para el diámetro de panoja.	49
Cuadro 9. Análisis de varianza para longitud de panoja.	49
Cuadro 10. Análisis de varianza para índice de cosecha.....	51
Cuadro 11. Análisis de varianza para el peso hectolítrico.....	53
Cuadro 12. Análisis de varianza para rendimiento de grano de la parcela útil.	55
Cuadro 13. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de ramificación.	59
Cuadro 14. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de ramificación.	60
Cuadro 15. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de inicio de panojamiento.....	61
Cuadro 16. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de inicio de panojamiento.....	62
Cuadro 17. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de panojamiento.....	63
Cuadro 18. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de panojamiento.....	63
Cuadro 19. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de inicio floración.	64
Cuadro 20. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de inicio de floración.	65
Cuadro 21. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de floración.	66
Cuadro 22. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de floración.	66
Cuadro 23. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de grano lechoso.....	67
Cuadro 24. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de grano lechoso.....	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Peronospora variabilis. Zoosporangióforo y zoosporangios. Fuente: Danielsen y Ames (2001).....	15
Figura 2. <i>Peronospora variabilis</i> . Zoosporangios. Fuente: Danielsen y Ames (2001). ..	16
Figura 3. Esporas de <i>P. variavilis</i> . Fuente: Saravia et al. (2014).....	16
Figura 4. Micelio dicotómico de <i>P. variavilis</i> . Fuente: Saravia et al. (2014).....	16
Figura 5. Oosporas de <i>P. variavilis</i> en el interior de las hojas. Fuente: Saravia et al. (2014).....	17
Figura 6. Oosporas de <i>P. variavilis</i> sobre la superficie de los granos. Fuente: Saravia et al. (2014).....	17
Figura 7. Ciclo de vida de <i>Peronospora variabilis</i> . Fuente: Saravia et al. (2014).	17
Figura 8. Ubicación del centro experimental donde se realizó el estudio Fuente: Zapana (2010).....	23
Figura 9. Ubicación de la parcela experimental. Fuente: Google earth (2020).....	23
Figura 10. Croquis de la parcela.....	32
Figura 11. Variación de temperatura (°C). Datos proporcionados por El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi).....	37
Figura 12. Humedad relativa (%). Datos proporcionados por El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi).....	38
Figura 13. Precipitación pluvial (mm). Datos proporcionados por El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi).....	39
Figura 14. Prueba Duncan para altura de planta, en las líneas de quinua en la fase de inicio de panojamiento.....	44
Figura 15. Prueba Duncan para altura de planta, en las líneas de quinua en fase de inicio de panojamiento.....	45
Figura 16. Prueba Duncan para altura de planta, en las líneas de quinua en fase de floración.	46
Figura 17, Prueba Duncan para altura de planta, en las líneas de quinua en fase de grano lechoso.....	47
Figura 18. Prueba Duncan para altura de planta, en las líneas de quinua en fase de madurez fisiológica	48
Figura 19. Prueba de significancia según Duncan al 5% para el índice de cosecha.....	52
Figura 20. Prueba de significancia según Duncan al 5% para el peso hectolítrico (kg/hl).	54
Figura 21. Prueba de significancia según Duncan al 5% para el rendimiento de grano.	56
Figura 22. Comparación de medias para el porcentaje de tamaño de grano de las 25 líneas de quinua.....	58
Figura 23. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) en las 25 líneas de quinua.	70
Figura 24. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea testigo 25 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	72

Figura 25. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 2 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	73
Figura 26. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 4 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	74
Figura 27. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 13 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	75
Figura 28. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 17 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	76

INDICE DE FOTOGRAFIA

Fotografía 1. Preparado del terreno y Delimitación de la parcela de estudio.....	28
Fotografía 2. Marbeteado de las muestras en cada unidad experimental.	29
Fotografía 3. Cosecha de las unidades experimentales seleccionadas por tratamiento	30
Fotografía 4. Aplicación de fertilizante foliar.	102
Fotografía 5. Medición de la altura de planta	102
Fotografía 6. Preparación de las muestras para su respectiva evaluación.....	102
Fotografía 7. Análisis del peso hectolítrico.....	102
Fotografía 8. Peso de grano en la parte basal.	102
Fotografía 9. Muestras analizadas en total 400.	102
Fotografía 10. Línea en plena fase de panojamiento.	103
Fotografía 11. Primeras muestras de presencia del mildiu.....	103
Fotografía 12. Posible resistencia horizontal.....	103
Fotografía 13. Daños ya notorios de necrosis, clorosis.....	103

INDICE ANEXOS

Anexo 1. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 1 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	92
Anexo 2. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 3 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	92
Anexo 3. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 5 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	93
Anexo 4. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 6 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	93
Anexo 5. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 7 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	94
Anexo 6. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 8 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	94
Anexo 7. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 9 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	95
Anexo 8. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 10 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	95
Anexo 9. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 11 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	96
Anexo 10. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 12 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	96
Anexo 11. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 14 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	97
Anexo 12. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 15 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	97
Anexo 13. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 16 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	98
Anexo 14. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 18 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	98
Anexo 15. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 19 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	99
Anexo 16. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 20 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	99
Anexo 17. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 21 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	100
Anexo 18. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 22 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	100
Anexo 19. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 23 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.	101

Anexo 20. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 24 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.101

Anexo 21. Archivo fotográfico estudio: Evaluación de resistencia al mildiu (*Peronospora variabilis*) en líneas avanzadas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)102

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó en el Centro Experimental de Kiphakiphani, dependiente de la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos). Ubicada en la provincia Ingavi del departamento de La Paz, del municipio de Viacha, cercana a la comunidad de Choquenaira, con los objetivos de evaluar la severidad del mildiu (*Peronospora variabilis*), evaluar las características agronómicas de líneas resistentes al mildiu (*Peronospora variabilis*), determinar el rendimiento del grano del cultivo de la quinua y determinar el índice de cosecha y peso hectolítrico del grano en líneas seleccionadas por resistencia al mildiu.

Los tratamientos en estudio fueron 25 líneas seleccionadas por el Programa de mejoramiento genético de la quinua de la Fundación PROINPA las cuales fueron del: L1 a L24 y la variedad Jacha Grano como línea testigo (L25).

La siembra se realizó a una densidad de 6 kg/ha, el diseño adoptado fue el diseño experimental de Bloques Completos al Azar (D.B.A.) con 25 tratamientos y 4 repeticiones, utilizando la prueba de Duncan al 5% para la comparación entre tratamientos, tomando como variables de respuesta: a) Altura de planta, b) Diámetro de panoja, c) Índice de cosecha, d) Longitud de panoja, e) Rendimiento de grano, f) Peso hectolítrico, g) Porcentaje de severidad (AUDPC) y i Tamaño de grano.

Los resultados muestran que las líneas seleccionadas presentan diferencias en el porcentaje de severidad, altura de planta, índice de cosecha, peso hectolítrico y en rendimiento de grano.

Se evidenció que 12 líneas son resistentes y las otras son susceptibles, todo en comparación con la línea testigo (L25). Pero las líneas L13 y L17 mostraron alto grado de resistencia; siendo el porcentaje de severidad de: 2,99%, 6,16% a 36,07%, 37,23% entre las fases de ramificación y los días de floración, presentando un daño del área foliar menor que la línea testigo.

Las líneas L13 y L17 respecto a las características agronómicas son aceptables, con índices de cosecha de 0,45 (es decir 45% de grano y 55% de broza); un peso hectolítrico de 73,60 kg/hl y 72,40 kg/hl y con rendimientos de grano de: 1889,6 kg/ha y 2639,3 kg/ha; además del tamaño de grano en la línea L13 fueron más granos medianos, pero con un poco más de grano extra grande en comparación con la línea L17 que presentó mayor proporción de granos grandes.

En conclusión, entre las líneas evaluadas, dos líneas fueron identificadas por su alto grado de resistencia al mildiu y características de grano (índice de cosecha, peso hectolítrico y rendimiento) satisfactorios según los objetivos del mejoramiento genético de la quinua.

SUMMARY

This research work was carried out at the Kiphakiphani Experimental Center, dependent on the PROINPA Foundation (Promotion and Research of Andean Products). Located in the Ingavi province of the department of La Paz, in the municipality of Viacha, close to the community of Choquenaira, with the objectives of evaluating the severity of mildew (*Peronospora variabilis*), evaluating the agronomic characteristics of lines resistant to mildew (*Peronospora variabilis*), determine the grain yield of the quinoa crop and determine the harvest index and hectoliter weight of the grain in lines selected for resistance to mildew.

The treatments under study were 25 lines selected by the quinoa genetic improvement program of the PROINPA Foundation, which were from: L1 to L24 and the Jacha Grano variety as a control line (L25).

The planting was carried out at a density of 6 kg/ha, the design adopted was the experimental design of Complete Random Blocks (D.B.A.) with 25 treatments and 4 repetitions, using the Duncan test at 5% for the comparison between treatments, taking as response variables: a) Plant height, b) Panicle diameter, c) Harvest index, d) Panicle length, e) Grain yield, f) Test weight, g) Severity percentage (AUDPC) and i) Size grain.

The results show that the selected lines present differences in the percentage of severity, plant height, harvest index, hectoliter weight and grain yield.

It was shown that 12 lines are resistant and the others are susceptible, all in comparison with the control line (L25). But lines L13 and L17 showed a high degree of resistance; being the percentage of severity of: 2.99%, 6.16% to 36.07%, 37.23% between the

branching phases and the days of flowering, presenting a damage to the leaf area less than the control line.

Lines L13 and L17 regarding the agronomic characteristics are acceptable, with harvest indexes of 0.45 (that is, 45% grain and 55% chaff); a test weight of 73.60 kg/hl and 72.40 kg/hl and with grain yields of: 1889.6 kg/ha and 2639.3 kg/ha; In addition to the grain size, in line L13 there were more medium grains, but with a little more extra-large grain compared to line L17, which presented a higher proportion of large grains.

In conclusion, among the evaluated lines, two lines were identified for their high degree of resistance to mildew and satisfactory grain characteristics (harvest index, hectoliter weight and yield) according to the objectives of the genetic improvement of quinoa.

1. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Will.), fue uno de los alimentos básicos al ser domesticada por la cultura preincaica. Se cataloga según Esperanza Bolivia (2013) como uno de los cultivos promisorios de la humanidad, no sólo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de la nutrición humana

La quinua posee una tolerancia a las condiciones medioambientales extremas y su valor nutritivo considerado como grano estratégico porque ofrece una relativa seguridad agrícola frente a los riesgos ecológicos de la región (Rojas *et al.* 2011). Según González (s.f.) la quinua está ganando relevancia como alimento funcional, uno de los cultivos del futuro frente a las complicaciones del nuevo siglo. Así mismo Abellán *et al.* (2017) considera que la salud humana y la seguridad alimentaria están actualmente en auge debido al crecimiento acelerado de la población, las enfermedades metabólicas, la esperanza de vida y el cambio climático.

Nogales *et al.* (2015), estiman con el crecimiento de la población humana, que la demanda de alimentos aumente entre el 70 y el 100% en el año 2050. En Bolivia al menos un 83% de las familias están involucradas en la producción de quinua, ocupando sólo 23% de la superficie total cultivada en Bolivia

Para disminuir los efectos en la producción de quinua, se debe establecer estrategias tecnológicas que ayuden a enfrentar y reducir los impactos del evento extremos exacerbados por el cambio climático (evitar heladas, enfrentar lluvias y siembras

retrasadas), buscando nuevas variedades precoces, variedades que amortigüen los daños producidos por plagas y enfermedades, que estén de acuerdo con las exigencias del agricultor. La quinua es susceptible al mildiu bajo condiciones de alta humedad relativa o humedad del suelo (Bonifacio 2006; Bonifacio *et al.* 2015). La enfermedad del mildiu causa la reducción del rendimiento en la quinua, provocando daños económicos considerables, no se cuenta con un producto orgánico efectivo para el control, por lo que la resistencia genética constituye una opción para manejar adecuadamente el problema.

La resistencia al mildiu es un componente clave para producir quinua orgánica en zonas fuera del Altiplano Sur.

El programa de mejoramiento genético de la quinua, ha generado líneas con alto grado de resistencia al mildiu, las mismas que se encuentran en etapa de evaluación agronómica. Por tanto se ha planteado la investigación de 25 líneas seleccionadas para conocer la resistencia al mildiu y el comportamiento agronómico.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la resistencia al Mildiu (*Peronospora variabilis*) en líneas avanzada de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la severidad del Mildiu (*Peronospora variabilis*).
- Evaluar el comportamiento agronómico de las líneas seleccionadas por el mildiu.
- Determinar el rendimiento del grano, índice de cosecha y peso hectolítrico en líneas seleccionadas a la resistencia al mildiu.

2.3. Hipótesis

Ho: Las líneas avanzadas presentan el mismo porcentaje de severidad del Mildiu (*Peronospora variabilis*).

Ho: Las líneas avanzadas presentan el mismo comportamiento agronómico.

Ho: Las líneas avanzadas presentan similitud en rendimientos de grano, índices de cosecha y peso hectolítrico.

Ha: Las líneas avanzadas presentan diferencias en los porcentaje de severidad del Mildiu (*Peronospora variabilis*).

Ha: Las líneas avanzadas presentan diferencias en los comportamientos agronómicos.

Ha: Las líneas avanzadas presentan diferencias en rendimiento de grano en kg/ha, índices de cosecha y peso hectolítrico.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Centros de origen y diversidad de la quinua

La región de los Andes, es considerada centro de origen de muchas especies nativas, como ser el *Chenopodium* silvestre que fue aprovechada por los grupos de cazadores recolectores del Arcaico (8000-3000 A.C.) en la región andina, posteriormente, se da a conocer el registro arqueobotánico, desde el Arcaico hasta el período de dominación Inca (Planella *et al.* 2014).

La domesticación del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) por los pueblos de América puede haber ocurrido entre los años 3.000 y 5.000 antes de Cristo, se cultivaba ampliamente en todo el imperio incaico: en el Perú actual, en Bolivia, Ecuador, Chile, Argentina y Colombia. (Mujica *et al.* 2001; Repo-Carrasco *et al.* 2003).

La quinua contribuyó al desarrollo de culturas; D'Altroy, citado por Couso *et al.* (2011) considera su distribución por los Incas, como lo prueban semillas encontradas en antiguos asentamientos incaicos en la provincia de Catamarca.

La biodiversidad de la quinua en Los Andes posee según Jacobsen *et al.* (2013), en los Andes, los componentes básicos en la expresión actual de la diversidad biológica son los pisos bioclimáticos, características abióticas y bióticas peculiares, la diversidad de especies, variabilidad genética, los ecosistemas y la diversidad étnica.

En lo que respecta Bolivia y Perú según Ferreyra (2016) poseen la mayor diversidad de variedades de quinua, existen más de 3000 ecotipos, Bolivia tiene la exclusividad en la producción de quinua real, misma que tiene 18 ecotipos, De igual manera Bonifacio *et al.* (2012) afirma que la diversidad conservada por productores y consumidores a lo

largo de tres milenios, se concentra en el Altiplano, en valles, salares y la costa, cultivándose actualmente cerca de 55 variedades nativas.

Al realizar los estudios de la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quinua en Bolivia, ha determinado la existencia de cultivares de quinua conservando 3121 accesiones colectadas en comunidades de los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. Asimismo, se cuenta con material genético de Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, Chile, México, EEUU, como también material seleccionado en Dinamarca, Holanda e Inglaterra (Rojas *et al.* 2014; Rojas 2003).

3.2. Distribución geográfica

El Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI y Maluenda (2014) con respecto a la distribución geográfica de la quinua mencionan que se encuentra desde Colombia hasta la región de Chile, y su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar (Chile) hasta los 4000 m.s.n.m. del altiplano (Perú y Bolivia).

3.3. Descripción botánica y taxonómica

Jellen *et al.* (2014) mencionan que el periodo vegetativo de la quinua (Familia Amarantaceae) varía entre 150 y 240 días, su inflorescencia posee flores hermafroditas y unisexuales, pueden presentar colores que van desde verde, morado a rojo y tonalidades intermedios entre estos colores. Por su parte Cogliatti y Heter (2016) añaden que la quinua es una planta de ciclo productivo anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, que alcanza una altura de 0,2 a 3,0 m. según su genotipo y condiciones ambientales.

La taxonomía según Integrated Taxonomic Information System (2020) es la siguiente:

Reino: Plantae
Sub reino: Viridiplantae
Infra reino: Streptophyta
Superdivisión: Embryophyta
División: Tracheophyta
Subdivisión: Spermatophytina
Clase: Magnoliopsida
Superorden: Caryophyllanae
Orden: Caryophyllales
Familia: Amaranthaceae
Sub familia: Chenopodioideae
Tribu: Chenopodieae
Género: *Chenopodium* L. Semilla
Especie: *Chenopodium quinoa* Willd.

A continuación se presenta la descripción morfológica de la quinua según reportado por FAO, citado por Gandarillas (1968) y Tapia (1990):

Hojas: las hojas son polimórficas, alrededor de la panoja son lanceoladas. El color puede ser verde, rojo, amarillo y violeta. Son dentadas en el borde con 3 a 20 dientes, poseen gránulos en su superficie dando una apariencia de estar cubiertas de arenilla.

Tallo: El tallo principal puede ser simple o ramificado, dependiendo del genotipo, densidad de siembra y de las condiciones climáticas, los tallos son de sección circular en zonas cercanas a la raíz, transformándose en angular a la altura de las ramas y hojas.

Raíz: la quinua posee una raíz pivotante vigorosa y muy ramificada, cuya profundidad

guarda estrecha relación con su altura. El sistema radicular es capaz de sostener, en condiciones normales, plantas de 2 y más metros de altura.

Inflorescencia: es racimosa denominada panoja por ser un eje principal más desarrollado, del cual originan los ejes secundarios y en algunos casos terciarios. Son amarantiforme, glomerulada e intermedia, la panoja puede ser laxa o compacta.

Flor: Las flores son muy pequeñas, densas e incompletas dado que no poseen pétalos, son sésiles, hermafroditas. Se ubican en grupos formando glomérulos. Los estambres son cinco con filamentos cortos que sostienen a las anteras basifijas rodeando el ovario cuyo estilo se caracteriza por tener 2 o 3 estigmas plumosos, permanecen abiertas por un período que varía de 5 a 7 días, y al no abrirse simultáneamente la planta presenta un periodo extendido de anthesis, el cual se determinó entre 12 a 15 días.

El Fruto: es un aquenio, derivado de un ovario supero unilocular, con forma cilíndrico-lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, constituido por el perigonio el cual envuelve a la semilla por completo; de coloración variable, de estructura alveolar, paredes finas y lisas. Se desprende con facilidad a la madurez, en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección.

3.4. Fases fenológicas

La generación de determinados órganos y el patrón de partición de fotoasimilados, en ciertos períodos son denominados fases o estadios, pudiendo ser observables a nivel meristemático (Bertero 2014).

Las fases fenológicas según Mujica *et al.* (2001) son las siguientes:

La emergencia: es cuando la plántula sale del suelo y extiende las hojas cotiledonales, esto ocurre en los 7 a 10 días de la siembra, en esta fase son susceptibles a los ataques por parte de aves.

Dos hojas verdaderas: es cuando aparecen dos hojas verdaderas, ocurre entre 15 a 20 días después de la siembra.

Cuatro hojas verdaderas: es la etapa está comprendida entre los días 20 y 25 después de la siembra.

Seis hojas verdaderas: en esta fase se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se torna de color amarillento; esta fase ocurre entre 35 y 45 días después de la siembra.

Ramificación: son hojas axilares hasta la tercera yema en el tallo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, esto ocurre a 45 y 50 días después de la siembra, en esta fase son más sensibles a las bajas temperaturas y heladas.

Inicio de panojamiento: la inflorescencia va emergiendo del ápice de la planta, alrededor hay aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; esto a los 55 a 60 días de la siembra, también se aprecia amarillamiento del primer par de hojas verdaderas así mismo es el inicio de ataques de las plagas y enfermedades.

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 los botones florales individualizados, esto ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra.

Inicio de floración: es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres

separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas.

Floración o antesis: es cuando el 50% de la población de flores ya están florecidas (abiertas) también la planta eliminara hojas poco activas fotosintéticamente, esto a los 90 y 100 después de la siembra, es una etapa enteramente susceptible a las heladas y a las sequías.

Grano lechoso: es cuando los frutos al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente. Ocurre entre los 100 a 130 días después de la siembra.

Grano pastoso: es el estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días de la siembra.

Madurez fisiológica: esto ocurre generalmente entre los meses de abril a mayo entre los 160 a 180 días, después de la siembra y se reconoce porque las hojas inferiores se ponen amarillentas, caedizas, el grano al ser presionado con las uñas presenta resistencia que dificulta su penetración.

3.5. Importancia del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

La quinua captó la atención mundial debido a sus excelentes propiedades nutricionales, funcionales y potencial aplicación farmacéutica, con un creciente interés en conocer las propiedades funcionales de este alimento (Vidaurre-Ruiz *et al.* 2017).

El grano de quinua supera sutilmente a cereales como ser: el trigo, la cebada, el centeno, arroz y la avena, aunque su valor está a fin con la calidad de sus proteínas, al contenido de grasas, así mismo posee mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana (Cervilla y Miranda 2015).

3.6. Aportes potenciales de la quinua a la seguridad y soberanía alimentaria

La situación de la producción y distribución de alimentos en el planeta presenta desafíos de gran magnitud, Guarniz y Valdez (2019) resaltan los cuatro pilares de la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, consumo y utilización biológica. La quinua se constituye una alternativa para los países que tienen limitaciones en la producción de alimentos; donde se ven obligados a importar, recibir ayuda alimentaria, así producir su propio alimento. Considerada por la FAO como uno de los cultivos promisorios para la humanidad, cultivo estratégico para la seguridad y soberanía alimentaria por su calidad nutritiva, amplia variabilidad genética en los países andinos, adaptabilidad a condiciones adversas y bajo costo de producción (MINAGRI 2014).

Pero el comercio privilegia productos homogéneos, perjudicando a las variedades locales; adaptadas para producir en condiciones adversas frente a la amenaza del cambio climático (Mercado y Ubillus 2017).

El Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT 2011), implementa programas como ser: Alimentación Complementaria Escolar, Desnutrición Cero y el Subsidio de Lactancia Materna, donde se introdujo a la quinua como alimento que puede aportar proteínas de buena calidad a aquellos grupos sociales vulnerables como las madres embarazadas, lactantes y niños.

3.7. Mejoramiento

En el año 1960 según Zurita-Silva *et al.* (2014), los programas de mejoramiento de la quinua se iniciaron en los Andes y en otros lugares a partir del año 1970.

En 1998, la Fundación PROINPA retoma la investigación de la quinua logrando liberar seis variedades, el trabajo continuo de mejoramiento en la quinua llega a los valles proponiendo altos rendimientos, también se tomó interés en la zona tropical (Santa Cruz), es otra zona de interés con el propósito de la rotación de cultivos comerciales como la soya en siembras de invierno (Bonifacio *et al* 2014).

En los años 80 y 90, de acuerdo con Bazile *et al.* (2016) los países como: Estados Unidos, Italia, Irán, Egipto, Emiratos Árabes, Dinamarca y Grecia, toman interés en buscar materiales vegetales de quinua, para diversificar sus alternativas agroalimentarias, permitiéndoles resolver problemáticas de seguridad alimentaria.

El proceso de mejoramiento de la quinua según De la Torre Herrera *et al.*, citado en ERPE (2001) es utilizar técnicas adecuadas para plantas autógamias, tomando precauciones para evitar una fecundación cruzada. El proceso de mejoramiento de la quinua implica utilizar técnicas de mejoramiento adecuadas para plantas autógamias, lo que además requiere tomar precauciones para evitar una fecundación cruzada (encapuchamiento de plantas, aislamiento de campos). De esta forma, con el método de selección no se crea un genotipo nuevo, si no se selecciona de un grupo heterogénico de plantas un genotipo ya existente, que presenta los caracteres deseados (ERPE, 2001).

Así mismo Bonifacio, citado por Alfaro *et al.* (2015) mencionó que al llegar a una variedad destacada, se debe identificar e incrementar la expresión de un rasgo cualitativo, empleando el método de retrocruzamiento.

En el Altiplano Norte y Centro las variedades más difundidas son: Sajama, Chucapaca, Sayaña, Surumi, Intinayra, Patacamaya, J'acha grano, Kurmi, y Blanquita. En el Altiplano Sur se cuenta con más de 21 ecotipos de quinua Real entre ellas: Toledo, Pandela, Real Blanca, Pisankalla, Kellu y Achachino (Soto 2010). Las diferentes variedades presentan una relativa indiferencia respecto a fotoperiodo y a la altitud (Montoya 2007).

3.8. Líneas en quinua

Según Henríquez (2002), una línea pura está integrada por individuos homocigóticas en todos los loci genéticos obtenidas por autofecundación sucesiva; en el mejoramiento genético de plantas, se trata de una línea casi totalmente homocigótica que proviene de autofecundaciones sucesivas acompañadas de selección artificial y por tanto, su fenotipo debe ser altamente homogéneo al interior de la línea.

En el mejoramiento de las quinuas, las mejores semillas obtenidas se mezclan para ampliar la base genética de la futura variedad, uniformizando las líneas que conformaran las mezclas por caracteres agronómicos, facilitando las labores culturales al agricultor, deben poseer caracteres de calidad para su uso final. Es un método eficiente, pero costoso en mano de obra y materiales requeridos, pero permite el control de la calidad genética de las plantas y el medio ambiente (Bonifacio *et al.* 2014).

3.9. Obtención de líneas mejoradas

Según Bonifacio *et al.* (2015) señalan que en trabajos de mejoramiento, las progenies sobresalientes obtenidos requirieren evaluaciones preliminares para seleccionar las progenies promisorias y apartando los genotipos menos prometedores. Las

estimaciones permiten valorar el potencial productivo de manera paralela a la selección masal y/o individual, facilitando la elección de líneas sobresalientes con los caracteres buscados y deseados por el fitomejorador, que continúan con las pruebas de rendimiento y la multiplicación de semilla.

La filial F_1 provienen de las semillas que pasaron por un cruzamiento artificial cuyos progenitores son diferentes, en las características morfológicas de las plantas híbridas; caracteres dominantes por parte del progenitor masculino (plantas polinizadas artificialmente) y los caracteres recesivos por parte del progenitor femenino (plantas auto fecundadas). La siguiente generación será conocida como el F_2 hasta la F_7 . Las líneas F_8 a la F_{12} se las emplea para la evaluación del rendimiento de las líneas seleccionadas, buscando el mejor comportamiento y estabilidad, esperando la prueba de registro de variedad (Bonifacio *et al.* 2014).

3.10. Mildiu (*Peronospora variabilis*) de la quinua

El mildiu (*Peronospora variabilis*), ocasiona la reducción del rendimiento en un 33 a 58%, incluso en los cultivares más resistentes y hasta un 99% (cultivares susceptibles) debido a las limitadas estrategias de control de enfermedades dentro de una producción orgánica (Leon *et al.* 2018).

En el Altiplano Sur solo aparece cuando las lluvias son intensas y prolongadas; cuando cesa el periodo de lluvia, automáticamente el micelio se deseca y se detiene el avance de la enfermedad. Las quinuas reales son susceptibles a esta enfermedad (Saravia *et al.* 2014).

3.10.1. Sistemática

El mildiu de la quinua es causado por un Oomicete, que pertenece a la familia: Peronosporaceae, orden: Peronosporales, cuyos miembros son parásitos obligados (biotróficos) altamente especializados que parasitan plantas vasculares causando mildiu en un rango limitado de especies (Danielsen y Ames 2001).

La taxonomía del mildiu es la siguiente:

Clase: Oomycete

Orden: Peronosporales

Familia: Peronosporaceae

Especie: *Peronospora variabilis* Gäum.

3.10.2. Morfología del hongo causante del mildiu

La estructura vegetativa del patógeno está constituida por hifas en las cuales se forman esporangióforos y esporangios, Danielsen y Ames (2001) afirma que las hifas son cenocíticas (sin septa) y multinucleadas, se desarrollan en los espacios intercelulares de las hojas del hospedante y proyectan haustorios que les sirven como órganos de absorción dentro de las células. El daño es en la hoja formando en la cara inferior esporangióforos que miden entre 167 μm y 227 μm de longitud y entre 11.0 μm y 14.8 μm de diámetro. Los esporangióforos son arborescentes, dicotómicamente ramificados 4 a 5 veces en ángulo agudo y terminan en 2 – 3 extremos flexuosos dispuestos en ángulo recto o agudo, en los que se insertan los esporangios (fig. 1).

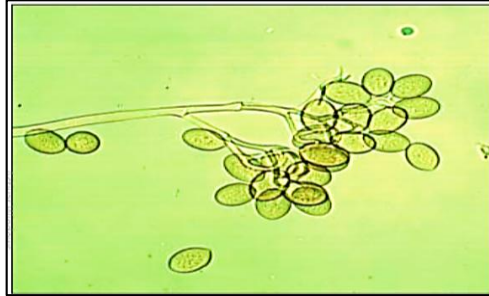


Figura 1. *Peronospora variabilis*. Zoosporangióforo y zoosporangios. Fuente: Danielsen y Ames (2001).

El mildiu tiene un crecimiento determinado y tamaño definido formando los esporangios, por esta circunstancia todos los esporangios son de la misma edad, Danielsen y Ames (2001) alega que los esporangios son deciduos, ovals, con una papila apical translúcida; miden entre 25.7 y 31.9 μm de largo y 19.3 a 24.3 μm de diámetro (fig. 2). Tienen la pared ligeramente rugosa y el protoplasma granuloso. Son de color castaño claro translúcido y germinan directamente formando un tubo germinativo. Las oosporas son esporas sexuales que pueden sobrevivir períodos largos entre cultivos. En quinua las oosporas son transmitidas por semilla y suelo, sirviendo así como fuentes de inóculo primario para el inicio de epidemias. El oogonio y el anteridio son los gametangios femenino y masculino respectivamente.

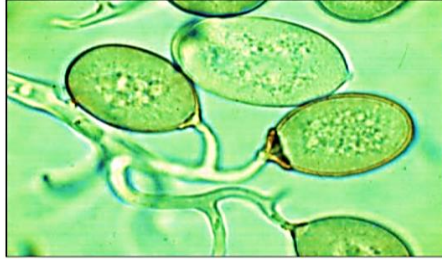


Figura 2. *Peronospora variabilis*. Zoosporangios. Fuente: Danielsen y Ames (2001).

El mildiu tiene dos tipos de reproducción asexual y sexual, La fase asexual se caracteriza según Saravia *et ál.* (2014) por: presentar esporas de forma ovoide cuya germinación es directa, las hifas son cenocíticas y el micelio es dicotómico (Fig. 3-4).

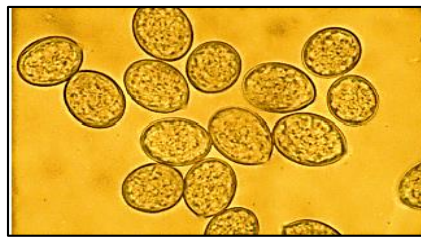


Figura 3. Esporas de *P. variabilis*. Fuente: Saravia *et al.* (2014).

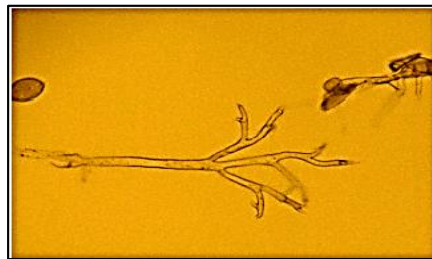


Figura 4. Micelio dicotómico de *P. variabilis*. Fuente: Saravia *et al.* (2014).

La reproducción sexual se caracteriza por la formación de la oospora en ausencia de hospedero. El patógeno es heterotálico, para que se forme la oospora se requiere la presencia de dos tipos de apareamiento, para que se forme el oogonio y el anterio. El oogonio crece a través del anteridio, permitiendo la fertilización y convirtiéndose en una oospora (Fig. 5-6).

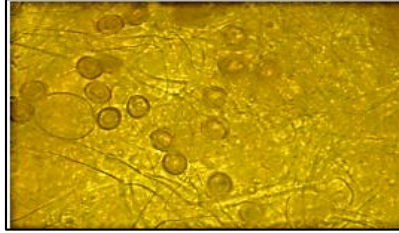


Figura 5. Oosporas de *P. variabilis* en el interior de las hojas. Fuente: Saravia *et al.* (2014).



Figura 6. Oosporas de *P. variabilis* sobre la superficie de los granos. Fuente: Saravia *et al.* (2014).

3.10.3. Ciclo de vida

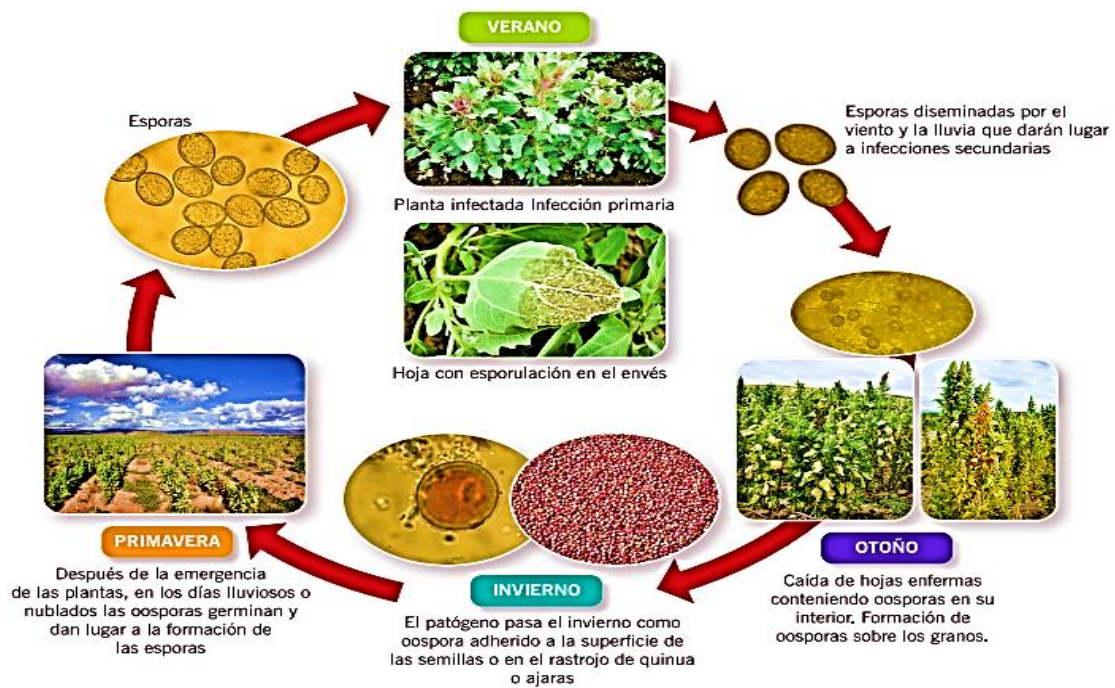


Figura 7. Ciclo de vida de *Peronospora variabilis*. Fuente: Saravia *et al.* (2014).

Las ooporas que se encuentran en la semilla o en el rastrojo de campañas anteriores (Fig. 7), se activan cuando se presentan las condiciones favorables optimas como ser la humedad relativa alta en el aire (>80%). El esporangio al caer sobre una hoja de quinua, germina produciendo un tubo germinativo, el mismo que se encuentra en forma abundante en el tejido de la hoja en proceso de necrobiosis (Saravia *et al*, 2014).

El proceso de infección es continuo, suceden varias generaciones de forma asexual por eso se lo considera como un patógeno policíclico. Las manchas al necrosarse, ocurre por la reproducción sexual, aparecen los dos tipos de apareamiento y dan lugar a la formación de la oospora, estructura de conservación del patógeno por largos períodos en ausencia del hospedero (Saravia *et al*, 2014).

3.10.4. Epidemiología

Para que se manifieste la enfermedad del mildiu debe coincidir el patógeno (*P. variabilis*), el hospedero (*Chenopodium quinoa* Wild.) y condiciones medioambientales favorables (Humedad relativa >80%, temperaturas entre 18 a 22 °C, agua de rocío sobre las hojas, períodos con nubosidad) que son propicios para el crecimiento del micelio y la formación de las esporas; sin embargo, estos procesos pueden interrumpirse con períodos prolongados de insolación y sequía, las plantas al amanecer con una delgada capa de (sin lluvias) son suficientes para que el patógeno se desarrolle y provoque la enfermedad (Saravia *et al*. 2014, Gandarillas, et al. 2014).

En Perú Sandobal (2014) alude que al menos de 1000 ha ubicadas en diversos sectores destinadas a la producción y exportación de la quinua, son afectados por el mildiu.

3.10.5. Síntomas

La enfermedad daña a hojas, ramas, tallos e inflorescencias o panojas, infecta durante cualquier estado fenológico del cultivo, el daño es mayor en plantas jóvenes provocando la defoliación, la reducción del área fotosintética de la planta. La fuente de inóculo son las oosporas, adheridas a: la semilla de quinua, las restantes en la cosecha en la parcela y a las quinuas silvestres. El mildiu se hará presente en todos los lugares donde se cultive quinua, la incidencia y severidad será de mayor o menor grado en función de las variedades, manejo y sobre todo las condiciones ambientales (Mujica *et al.* s.f., Mamani 2013, Gandarillas *et al.* 2014).

Según Palao, *et al.* (2019) si la planta se encuentre en un estado débil, será fácilmente atacada por enfermedades, su desarrollo no será progresivo y llegará simplemente a decaer dependiendo de las condiciones climáticas.

3.10.6. Variación genética del mildiu

Los patógenos se diseminan por diferentes factores como ser: selección, recombinación sexual y parasexual, migración, mutación y fluctuación genética. La variación de *P. farinosa* en quinua no es estudiada, existe una gran variabilidad dentro de las poblaciones de *P. farinosa* (Danielsen y Ames 2001) menciona lo siguiente: El hospedante causa un efecto de selección amplia sobre las poblaciones del patógeno, por el alto nivel de diversidad y plasticidad genética; muestran una capacidad de adaptación, en zonas climáticamente y geográficamente diferentes donde se cultiva la quinua; en estado sexual expanden constantemente su diversidad genética.

El mildiu fue re-descubriéndose en cada investigación, esto confirmado por la veracidad de los cambios sufridos en su nombre científico, Risco (2014) afirma que anteriormente el mildiu fue conocido como *Peronospora farinosa*, y posteriormente Choi *et al.* (2010) publica el nombre *Peronospora variabilis* Gäum, como la especie que causa la enfermedad de mildiú en quinua. Pero Plata *et al.* (2013), a través de pruebas moleculares demuestra que todos los aislamientos bolivianos corresponden a *Peronospora variabilis* y reflejan una sola población. En muchas referencias, el nombre de la enfermedad se sigue manteniendo por los nombres científicos anteriormente mencionados.

3.10.7. Fuentes de resistencia en quinua

Ante las elevaciones de Los Andes, la quinua ha tenido que adquirir resistencia biótica de plagas: insectos, bacterias y hongos, más notablemente el mildiú veloso *Peronospora variabilis* (Jellen *et al.* 2014).

La resistencia al mildiu está gobernada por genes mayores (resistencia vertical), por genes menores (resistencia horizontal) y por la combinación de genes mayores y menores que dan lugar a una resistencia parcial o duradera. Así mismo Saravia *et al.* (2014) menciona lo siguiente:

- La resistencia horizontal es la resistencia parcial, cuantitativa o duradera con un nivel de: susceptible a resistente. Relacionada con el ciclo de la variedad, los ciclos largos tienen mayor resistencia al mildiu, que las precoces. Al ser una variedad susceptible presentan granos más grandes que las variedades resistentes.

- La resistencia vertical o resistencia hipersensible, con un nivel de resistencia no duradera o resistencia cualitativa. Con una reacción rápida cuando la planta es infectada, aislando el sector afectado. En las hojas se observan puntos necróticos deteniendo el avance de la enfermedad. Teóricamente es posible combinar la resistencia vertical con la parcial, pero no se tiene quinuas que tengan esta combinación en campo.

Al momento de la selección, es importante considerar algunos criterios de evaluación como la fase fenológica en la cual aparecen los primeros síntomas y la defoliación (Bonifacio 1997).

3.10.8. Evaluación de la enfermedad

En cultivares con alto nivel de resistencia, la incidencia de mildiú en años propicios para el desarrollo de la enfermedad frecuentemente alcanza el 100%. La severidad explica mejor el desarrollo de la enfermedad en términos de intensidad. Danielsen y Ames (2001) mencionan que la mayoría de las escalas de evaluación del mildiú que existen para la quinua, se basan en el porcentaje del área foliar afectada. Una escala de 0 a 10, basada en la evaluación del área foliar afectada de toda la planta.

Para la quinua, este tipo de escala puede no ser muy precisa porque el tamaño de la planta y el grado de error involucrado en la evaluación varía mucho de persona a persona. En este caso, se empleará un método que se adapte a las necesidades de la investigación minimizando los errores de evaluación. No importa qué método se utilice, siempre será propenso a errores. Para reducir errores y normalizar los datos, se ideó

un método basado en el porcentaje de superficies afectadas en 3 hojas elegidas al azar por planta (Danielsen y Ames 2001)

3.10.9. Identificación de la enfermedad

Para la identificación de la enfermedad Danielsen y Ames (2001), mencionan que en el campo es importante conocer las características y síntomas que presentan las plantas al ser atacadas por el hongo. El mildiu afecta principalmente al follaje de la planta. Se hace evidente inicialmente como ligeros puntitos cloróticos visibles en la cara superior de las hojas. Los puntos cloróticos crecen y forman áreas cloróticas grandes e irregulares que inicialmente se observan como clorosis en la cara superior y luego como necrosis.

La severidad de la enfermedad se evalúa como el porcentaje de área foliar infectada, La toma de datos debe comenzar tan pronto como las condiciones del clima se vuelvan propensas para el desarrollo de la enfermedad del mildiu. Los datos son recolectados a lo largo del ciclo del cultivo, en cada unidad experimental, junto con la fecha de cada lectura; las lecturas deben hacerse apenas se observen los primeros síntomas de la enfermedad (Forbes *et al.* 2014).

Los porcentajes del área foliar enferma se usan para calcular el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), por lo tanto, los intervalos de tiempo constante entre lecturas no son realmente cruciales. Si la enfermedad avanza rápidamente las lecturas deben hacerse frecuentemente (cada 3 a 7 días) Si la enfermedad avanza lentamente, el intervalo entre las lecturas puede ser más largo (cada 10 a 14 días) (Forbes *et al.* 2014).

4. LOCALIZACIÓN

4.1. Ubicación geográfica

El trabajo de investigación fue realizado en predios del Centro Experimental Kiphakiphani, dependiente de la fundación PROINPA situado a 2 km del Municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz (figura 19 y 20).

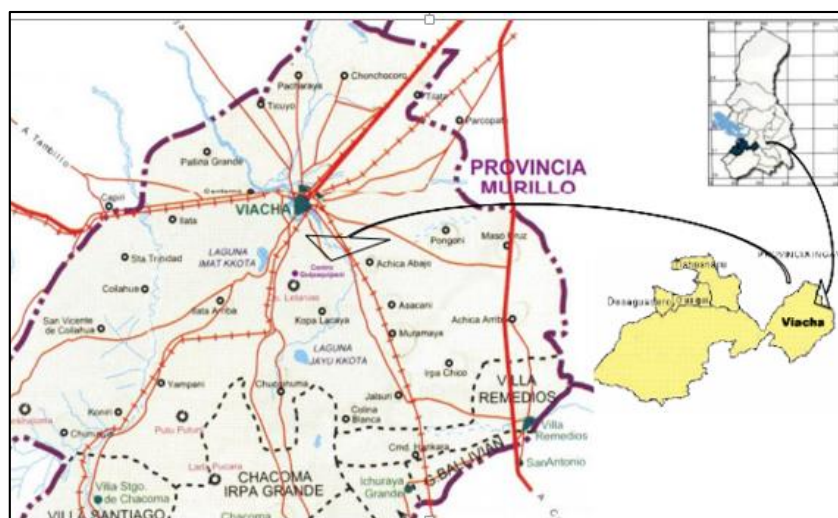


Figura 8. Ubicación del centro experimental donde se realizó el estudio Fuente: Zapana (2010).



Figura 9. Ubicación de la parcela experimental. Fuente: Google earth (2020)

4.2. Características climáticas de la zona de estudio

4.2.1. Clima

En el municipio de Viacha se ha identificado dos tipos de clasificación climática que es el clima semiárido y subhúmedo. Esta zona climática está enmarcada por la alternancia de una estación seca (invierno) y una estación húmeda de cuatro meses (verano). Según el observatorio San Calixto la cadena montañosa de la Cordillera Real ubicada al Oeste, constituye una barrera climática para el Municipio durante la estación de lluvias, ésta barrera frena intensamente las masas de aire húmedo que provienen de la cuenca amazónica (PTDI- Viacha 2020).

Las granizadas caen con frecuencia al inicio y al final de las lluvias, provoca grandes daños en la agricultura, ya que no se puede controlar este fenómeno; en las comunidades los Yapu Kamanis (autoridades comunales responsables de los cultivos) tienen sus costumbre de ahuyentar a las granizadas mediante los siguientes métodos como: humear bastante, soplar el pututo, sonar con la pollera este método según los comunarios tiene una alta probabilidad de evitar las granizadas (PTDI-Viacha 2020).

4.2.2. Fisiografía

La estación de K'iphak'iphani, presenta un paisaje planicie cuya pendiente es de 0,56% ligeramente, ondulada con un drenaje moderado a moderadamente lento (Calle 2016).

4.2.3. Suelo

El cultivo se desarrolla en diversos tipos de suelos, pero mejores rendimientos se obtienen en suelos de texturas franca, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica (8 a 10 t/ha de estiércol descompuesto de ovino). Alfaro *et al.* (2015), señalan

que los suelos arcillosos son muy pesados no son recomendables, por la falta de aireación. Los suelos arenosos tampoco son apropiados, por su escasa capacidad de retención de agua afectando negativamente en las primeras fases fenológicas (emergencia de plántulas, cuatro, seis y ocho hojas verdaderas) de la planta, también se debe mencionar que puede ser un suelo con una moderada pendiente y al menos un contenido medio de nutrientes. Las diferentes variedades toleran suelos en una amplia gama de pH, de 6 a 8,5 (Montoya 2007).

La quinua presenta mejores resultados en suelos neutros, franco a franco arenoso, semiprofundos, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y sin la posibilidad de encharcamiento, especialmente en la etapa vegetativa. En suelos arenosos las plantas emergen más rápido de lo normal, pero la planta es débil. En suelos arcillosos el agua se anega, afectando el crecimiento de la planta, siendo susceptible a la humedad excesiva, en suelos con bajos niveles de materia orgánica su desarrollo es también muy débil (Veas y Cortés 2016).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material biológico

El material utilizado para el trabajo de investigación, estuvo integrado por 24 líneas de quinua de grano blanco y rosado (material genético proveniente de la Fundación PROINPA) seleccionadas por la resistencia al mildiu (*Peronospora variabilis*) y la variedad JACHA GRANO como testigo. En el cuadro 1 se puede apreciar las características que presenta el mismo.

Cuadro 1. Características del material genético.

Líneas	Color de planta	Forma de la panoja	Color de grano	Tamaño de grano
1	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano mediano
2	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano mediano
3	Purpura	Glomerulado	Blanco – Rosado	Grano mediano
4	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
5	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
6	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
7	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
8	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
9	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
10	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
11	Purpura	Glomerulado	Blanco – Rosado	Grano mediano
12	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
13	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano mediano
14	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
15	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
16	Verde	Amarantiforme	Blanco	Grano mediano
17	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
18	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano mediano
19	Purpura	Glomerulado	Blanco – Rosado	Grano mediano
20	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano mediano
21	Purpura	Glomerulado	Blanco – Rosado	Grano mediano
22	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
23	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano mediano
24	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano grande
25	Verde	Glomerulado	Blanco	Grano mediano

5.1.2. Material de campo

Sembradora manual, pala, picota, chuntilla, rastrillo, estacas de madera de 90 cm, pintura blanca, azadón, martillo, zarandas, regla, cinta métrica, platos, bañadores de plástico, bolsas polietileno, marbetes de 3 x 5 cm y regla metálica.

5.1.3. Material de laboratorio

Balanza analítica, calibrador de grano, vernier, tamices, caja petri, papel secante, piseta.

5.1.4. Material de gabinete

Computadora portátil (laptop), cuaderno de datos y cámara fotográfica digital.

5.1.5. Insumos

Biofertilizante para el fortalecimiento de las plantas HASCON 32 (**Green Has Italia S.p.A.**), adherente GOMAX PLUS y urea.

5.2. Metodología

5.2.1. Procedimiento experimental en campo

5.2.1.1. Preparación del terreno

La preparación el terreno se realizó en el mes de noviembre de la gestión agrícola 20018-2019, efectuando las labores de roturado, rastrado, desterronado y nivelado del terreno con la ayuda de un tractor y las herramientas agrícolas necesarios. Según INIA 2013, la aradura con tractor debe al menos tener una profundidad de 30 cm o más, buscando voltear, desmenuzar y airear la capa arable del suelo, pero si fue otro cultivo lo recomendable es realizar un buen arado y luego el rastrado de preferencia 30 días antes de la siembra.

5.2.1.2. Preparación de semilla para su siembra

De las 25 líneas mejoradas se dispuso de 6 g a 8,5 g de cada uno de ellas para cada unidad experimental de 3 m² de superficie, 1.5 gramos por surco, lo que equivale a una densidad de siembra de 6 Kg/ha. Cabe aclarar que el cultivo fue a secano.

5.2.1.3. Siembra

La siembra se realizó el 3 de diciembre de 2018, se sembró por tratamientos según el diseño experimental, empleando el método de siembra que fue en hileras con una sembradora manual con dos salidas, la distancia de siembra entre hileras fue de 0.50 m y el largo de las hileras fue a 3 m. La profundidad de surco fue de 3 a 5 cm, la cobertura de semilla fue de 2 a 4 cm de espesor y la cantidad de semilla utilizada fue en la relación de 6 kg/ha.

5.2.1.4. Delimitación del área

La delimitación del área destinada al ensayo se realizó posterior a la preparación del terreno, consistiendo en dividir la parcela en 4 bloques de 25,25 m x 13,54 m. Cada bloque fue dividido en 25 partes de un área de 3,01 m², total de unidades experimentales 100, dejando 0,5 m de pasillo entre bloques.



Fotografía 1. Preparado del terreno y Delimitación de la parcela de estudio.

5.2.1.5. Marbeteado de plantas

Se identificaron al azar 4 plantas para cada unidad experimental. Las plantas identificadas fueron señaladas con marbetes para las respectivas evaluaciones.



Fotografía 2. Marbeteado de las muestras en cada unidad experimental.

5.2.1.6. Labores culturales

Deshierbe: fue efectuado ante la presencia de malezas entre ellas; hiervas y de la quinua silvestre, el trabajo fue manual con ayuda de una chuntilla.

Raleo: fue realizado en forma manual procurando tener similar población de plantas por surco y que la competencia entre plantas sea más o menos uniforme.

Aporque: en razón a cierta susceptibilidad al acame observado en algunas líneas, se procedió al aporque cuando las plantas se encontraban en fase de inicio de la formación de la panoja

Cosecha y post cosecha: se realizó cuando las hojas de la planta de quinua se tornaron amarillas o rojizas según el color de la planta, lo cual fue indicador del estado de madurez fisiológica de las líneas. El material cosechado fue identificado con los marbetes respectivos y puesto a secado a temperatura ambiente, las muestras fueron extraídas

unos 5 a 10 cm dentro del suelo, por causa del aporque; para la parte basal el corte fue a los 5 cm de la superficie.



Fotografía 3. Cosecha de las unidades experimentales seleccionadas por tratamiento **Emparvado:** se realizó, colocando las parvas en lonas para su respectivo secado.

Trillado: la trilla se realizó cuando los granos estaban secos y con una humedad que fluctúa entre 10 a 13%, donde se fue colocando las parvas en forma ordenada con las panojas en sentido interno sobre unas lonas, donde se procedió a pisar lo que era la parte basal y se friccionó solo la panoja para la parte individual (muestras).

Venteadado y limpieza de grano: El venteadado se realizó sobre una manta o frazada de tejido tradicional (awayo), con la ayuda de un plato pequeño y la presencia de vientos moderados, fue separado el grano de la broza y el “jipi” que incluye restos de la planta y perigonio del grano.

Secado de grano: el secado fue efectuándose en la medida que se procedía con su limpieza en las mediaciones del laboratorio de la estación de KhipaKhipani.

5.2.1.7. Plagas y enfermedades

En la parcela de investigación no se procedió a realizar ningún control fitosanitario para combatir a las plagas ni enfermedades, solo se procedió a la fertilización con HASCON

32 (**Green Has Italia S.p.A.**) la dosificación fue de 10 ml en 10 litros de agua, más su adherente GOMAX PLUX con dosificación de 5 ml en 10 litros de agua, también la incorporación de 1.37 kg/m² Urea.

5.2.1.8. Ataque ornitológico

Las aves ocasionaron daños, pese a que fueron colocados espantapájaros, o cubrir las panojas con periódicos, poner trampas etológicas, aún existía el ataque.

5.2.1.9. Factores abióticos

Durante la fase vegetativa, se registró la ocurrencia de granizo, sin embargo, el daño causado fue muy leve, por lo que las plantas se recuperaron sin sufrir estrés. Por otra parte, en la fase de madurez, se presentó helada, sin embargo, esta no ha tenido efecto alguno ya que las plantas se encontraban fisiológicamente maduras.

5.2.2. Diseño experimental

Para el presente estudio se utilizó el Diseño de Bloques al Azar con 4 repeticiones, distribuidos aleatoriamente en 25 líneas, este diseño experimental que se caracteriza porque todos los tratamientos aparecen representados una vez en cada uno de los bloques. Modelo lineal aditivo para el análisis de varianza es el siguiente (Puerta R 2005).

$$X_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

X_{ij} =Observación cualquiera.

μ = Media general.

β_j = Efecto de j- ésimo bloque.

α_i = Efecto de i- ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Error experimental

5.2.3. Croquis experimental

Las características de la parcela experimental así como la distribución de los tratamientos y bloques se presentan en la figura 21.

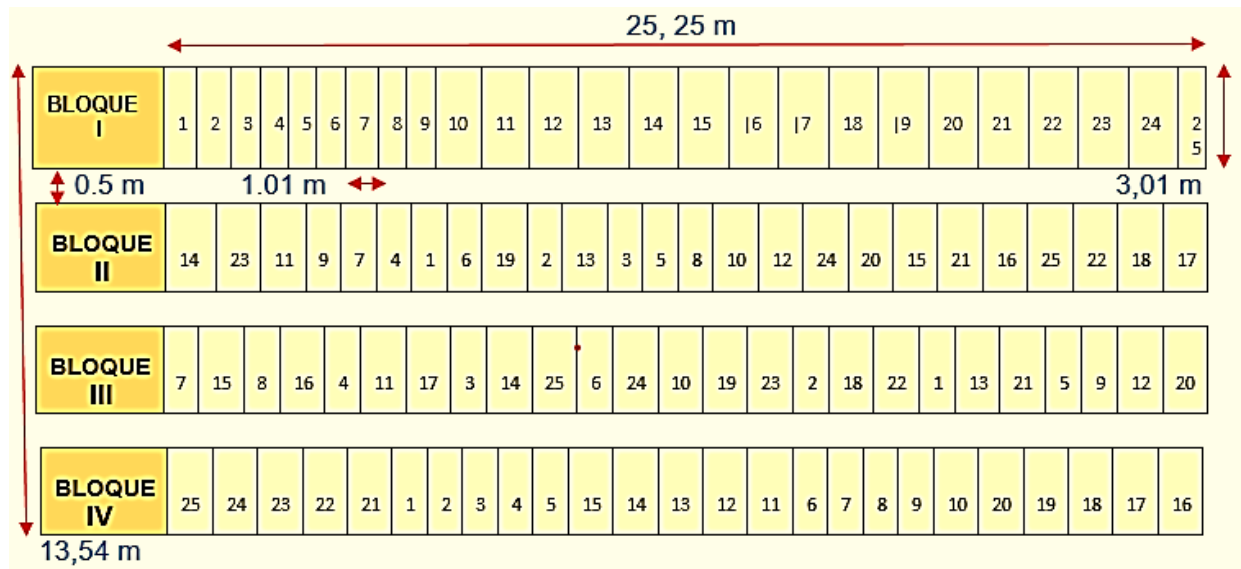


Figura 10. Croquis de la parcela.

5.2.4. Características del área experimental

Las dimensiones de la parcela experimental fueron:

- Largo del bloque: 25,25 m.
- Ancho del bloque: 13,54 m.
- Pasillo entre bloques: 0.5 m
- Número de parcelas por bloque: 25

- Número de unidades experimentales: 100
- Área de la unidad experimental: 3,0401 m^2
- Área del bloque: 76, 0025 m^2
- Área total del ensayo: 341,89 m^2

5.2.5. Variables de respuesta

5.2.5.1. Variables agronómicas

5.2.5.1.1. Altura de planta

La altura de planta fue registrada en diferentes periodos de tiempo, empleando una regla graduada midiendo desde la base de la planta hasta el punto apical, se tomó lecturas cada 12-15 días para los 25 tratamientos, con 100 muestras en cada bloque haciendo un total de 400 muestras, este parámetro nos ayudó a determinar el incremento de tamaño del cultivo en las diferentes etapas fenológicas, después de los 45 días de la siembra en fechas 3 de diciembre del 2018 al 16 de mayo del 2019.

5.2.5.1.2. Diámetro de panoja

Para su medición del diámetro de panoja, se utilizó un flexómetro en la parte media de la panoja, se muestrearon 400 muestras de las 100 unidades experimentales, en estado de maduración fisiológica (127 días después de la siembra), en fecha 11 de mayo del año agrícola 2018-2019.

5.2.5.1.3. Longitud de panoja

La longitud de panoja fue medida con un flexómetro, realizando la toma de datos desde la base hasta el ápice de la panoja de las 4 plantas marbeteadas, los datos se registraron en centímetros un total de 400 muestras de las 100 unidades experimentales en fecha 11 de mayo del año agrícola 2019, en el estado de maduración fisiológica (127 días después de la siembra).

5.2.5.1.4. Índice de cosecha

Para el índice de cosecha se tomaron las 400 muestras, el trabajo realizado fue en el laboratorio de las instalaciones de PROINPA en Khipakhipani. El índice de cosecha es la relación entre el peso de los granos libres de impurezas y el peso total del vástago de la planta (tallo + hojas + granos).

$$IC = \frac{\text{Peso de grano limpio}}{\text{Peso total de la planta (hojas, tallo y grano)}}$$

5.2.5.1.5. Porcentaje de tamaño de grano según calibre

El tamaño de grano se realizó en el laboratorio de la estación experimental de Khipakhipani, se procedió al pesaje de 100 g de cada línea de quinua en la balanza digital *Scout Pro* de 0,1 g de precisión, dicha cantidad pesada fue vaciado en un tamiz estándar para quinua que clasifica según diámetro de grano (extra grande, grande, mediano y pequeño), una vez realizada la clasificación se procedió al embolsado según el tamaño de grano seleccionado por los tamices.

5.2.5.1.6. Peso hectolítrico

Para esta variable se utilizó una probeta de 10 ml el cual se llenó con semilla de quinua hasta los 10 ml, utilizando un cubilete (embudo) de papel, posteriormente se realizó el pesado de la cantidad mencionada, utilizando una balanza digital de tres decimales de marca MB 35 HALOGEN, dicho procedimiento se realizó para las muestras de 100 unidades experimentales.

5.2.5.1.7. Rendimiento

Para el rendimiento de grano se determinó cosechando plantas de la parcela útil, lo que equivalía a un área de $2m^2$ por cada unidad experimental que constituyó en dos surcos centrales, cada uno de 3 metros lineales destinados para esta variable descartando todo efecto de bordura, obteniendo así el peso total de grano por m^2 y posteriormente fueron transformados en kg/ha.

5.2.5.2. Variables de la enfermedad

5.2.5.2.1. Porcentaje de severidad del mildiu

Se marcaron 4 plantas de los dos surcos centrales de cada parcela. La unidad muestral fue una planta completa, que se evaluó en nueve ocasiones distintas y con una frecuencia de 4-8 días. La severidad se determinó mediante la proporción o porcentaje de la planta afectada, por aproximación o estimación visual directa, empleando valores enteros que oscilaron entre 0 y 100%.

5.2.5.2.2. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC)

Para describir el desarrollo de la enfermedad según Forbes *et al.* (2014), que a lo largo de la época del cultivo e identificar diferencias entre cultivares se puede calcular un valor del área bajo la curva de progreso de la enfermedad, descrito originalmente en inglés como 'area under disease progress curve' (AUDPC), en base a mediciones de severidad. Esto requiere un mínimo de 3 evaluaciones por campaña. La fórmula general para el cálculo de (AUDPC) es:

$$\text{AUDPC} = \sum_i^{n-1} (y_i + y_{i+1})/2 * (t_{i+1} - t_i)$$

n = N° de evaluaciones

y = Severidad

t = N° de días después de la siembra

Se incluye $(t, y) = (0, 0)$ como la primera evaluación.

6. RESULTADO Y DISCUSIÓN

6.1. Datos meteorológicos

6.1.1. Temperatura

Durante la gestión agrícola del cultivo de quinua 2018-2019, entre el 3 de diciembre y el 14 de mayo, se registró las temperaturas máxima, mínima mensual como se muestra en la figura 11, con una máxima de 21.1°C a mediados del mes de diciembre del año 2018, a inicios del mismo mes se registró la temperatura mínima de -1,2°C. En la figura 11, se puede apreciar que hubo pocos descensos de temperatura, pero existió la sensación térmica de al menos -3°C, provocando heladas leves durante el ciclo vegetativo del cultivo.

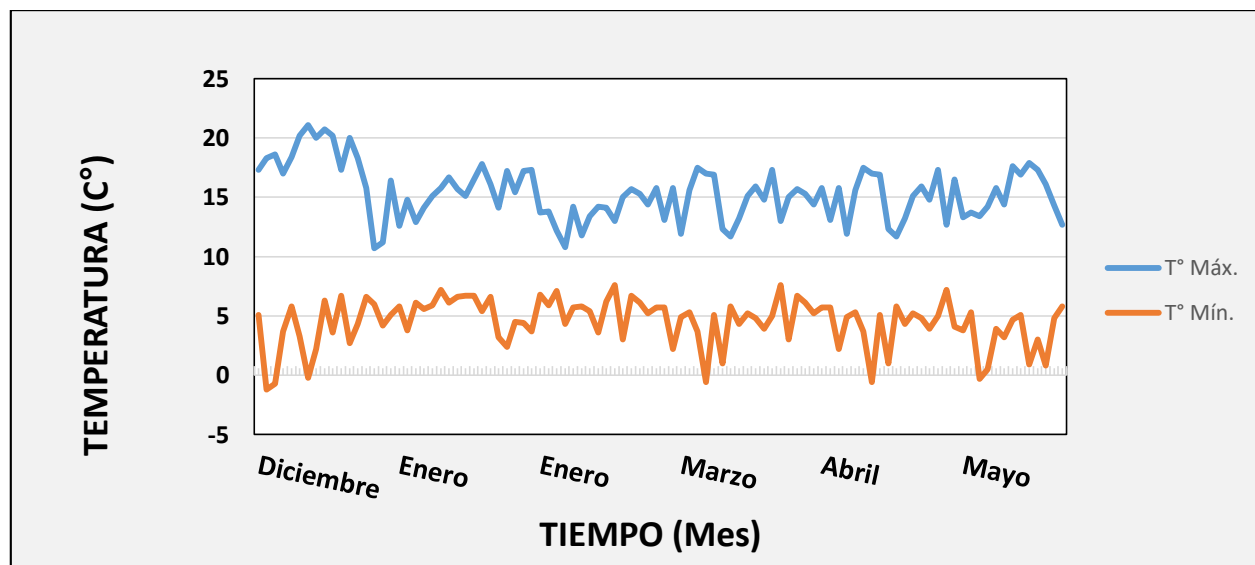


Figura 11. Variación de temperatura (°C). Datos proporcionados por El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi).

Las temperaturas máximas registradas en Viacha varían entre: 17,2 y 20,6°C, los registros reflejan que en el mes de agosto hasta diciembre del año 2014, la temperatura llegó a un máximo de 22°C y la temperatura mínima fue de -7,5°C (PTDI- Viacha 2020).

Por otro lado Gómez y Aguilar (2016) mencionan que las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 15 a 25°C. Una temperatura promedio ideal para la quinua sería de alrededor de 15-20 ° C, pero algunas variedades locales específicas también pueden soportar temperaturas extremas de -8°C a + 38°C (Chevarria-Lazoa *et al.* 2014).

6.1.2. Humedad relativa

La figura 12, muestra la humedad relativa máxima y mínima del ambiente que fueron registrados durante el ciclo agrícola 2018-2019, mediante el equipo meteorológico en la estación experimental de Khipakhipani. La humedad relativa máxima en el cultivo de quinua fue de 96% en el mes marzo 2019 y la humedad relativa mínima fue de 14% en el mes de diciembre de 2018, el promedio mensual de la humedad relativa es de 68% en todo el ciclo agrícola del cultivo de quinua, de manera que la excesiva humedad favoreció al desarrollo del hongo causante de la enfermedad del mildiu.

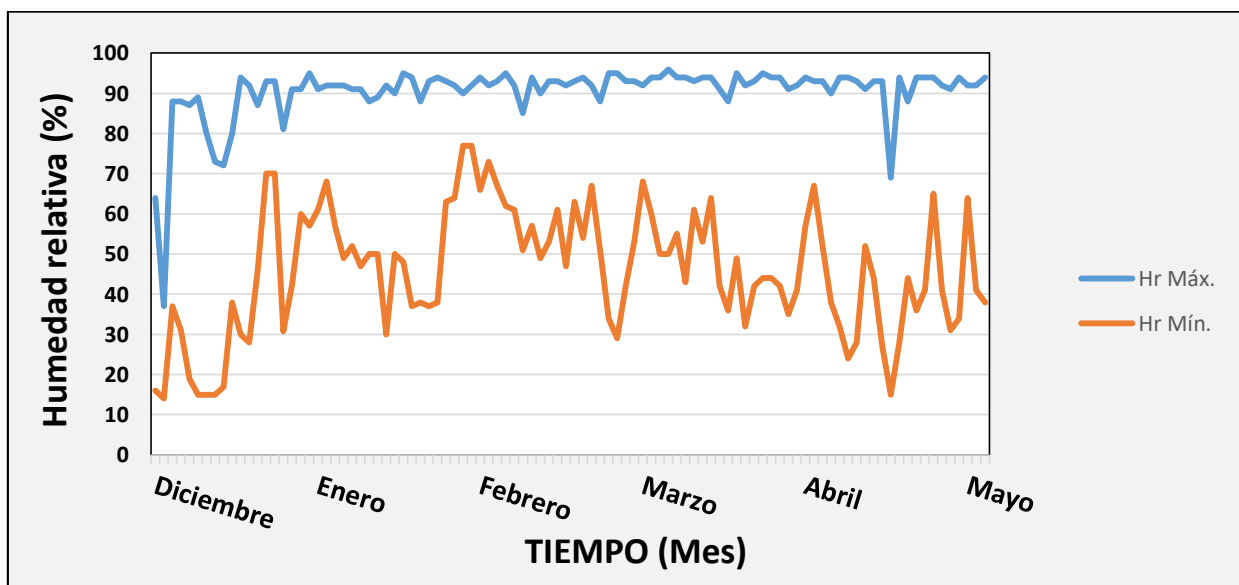


Figura 12. Humedad relativa (%). Datos proporcionados por El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi).

De acuerdo al PDM-Viacha (2016), la humedad relativa es de 51, 37%, los meses frecuentemente húmedos son enero a abril, la humedad relativa mensual mínima es de 45,27% y la máxima es de 59,80%.

6.1.3. Precipitación pluvial

En la figura 13, se observa que la precipitación diaria registrada durante el ciclo agrícola de la quinua fue de manera irregular, alcanzó precipitaciones menores de 0.0 mm/día en las primeras semanas del mes de diciembre, y a partir de la segunda semana del mes de diciembre se registraron fuertes precipitaciones llegando a una máxima 42,1 mm/día. La precipitación media total en el ciclo fenológico del cultivo de quinua fue de 428 mm, también mencionar que se registraron granizadas frecuentes.

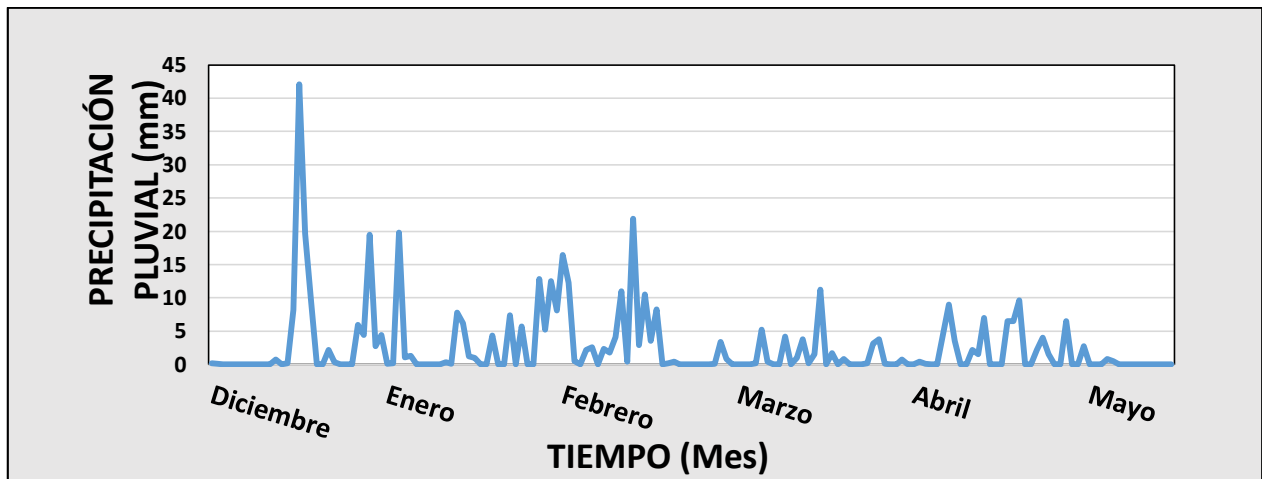


Figura 13. Precipitación pluvial (mm). Datos proporcionados por El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi).

6.2. Variables agronómicas

6.2.1. Altura de planta en las fases fenológicas del cultivo.

Cuadro 2. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de ramificación.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	13,36	24	0,56	0,92	0,5705 N.S.
BLOQUE	4,57	3	1,52	2,53	0,0638 N.S.
ERROR	43,35	72	0,60		
TOTAL	61,28	99			
C.V.	9,12%				

Los resultados análisis de varianza que se presenta en el cuadro 2, que se observa a los 46 días después de la siembra, entre los bloques y las líneas de estudio no hay diferencia significativa, reflejando que ninguna de las medidas de altura de planta es diferente entre las líneas. Los datos no presentan una diferencia estadística, por lo consiguiente no se procedió con la prueba Duncan.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de inicio de panojamiento.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	152,64	24	6,36	1,93	0,0170 *
BLOQUE	64,47	3	21,49	6,53	0,0006 **
ERROR	236,78	72	3,29		
TOTAL	453,88	99			
C.V.	8,47%				

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 3), a los 60 días después de la siembra claramente las diferencias entre las líneas y los bloques son altamente significativas. Este resultado, refleja que al menos una de las líneas es diferente al resto de las líneas y lo que concierne a los bloques indica que la pendiente u otro factor ambiental tuvieron efecto respecto a la altura de planta. El coeficiente de variación es de 8,47% lo cual determina

la confiabilidad de los datos tomados y el buen manejo de las unidades experimentales. La prueba Duncan se aprecia en la figura 14.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de panojamiento.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	460,18	24	19,17	2,32	0,0033 **
BLOQUE	64,24	3	21,41	2,59	0,0596 N.S.
ERROR	595,99	72	8,28		
TOTAL	1120,41	99			
C.V.	9,26%				

Según el análisis de varianza (Cuadro 4), a los 74 días después de la siembra claramente las diferencias entre las líneas es significativa, es decir que al menos una línea es diferente en altura de planta. En los bloques no existe significancia, la prueba Duncan se aprecia en la figura 15.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de floración.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	835,85	24	34,83	1,78	0,0325 *
BLOQUE	211,92	3	70,64	3,60	0,0174 N.S.
ERROR	1411,53	72	19,60		
TOTAL	<u>2459,30</u>	99			
C.V.	8,54%				

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 5), a los 99 días después de la siembra claramente las diferencias entre las líneas y los bloques son altamente significativas. Este resultado, refleja que al menos una de las líneas es diferente al resto de las líneas y lo que concierne a los bloques indica que algún factor ambiental (pendiente) tuvo efecto respecto a la altura de planta en la fase de floración, la prueba Duncan se aprecia en la figura 16.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de grano lechoso.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	1113,49	24	46,40	2,32	0,0032 *
BLOQUE	282,08	3	94,03	4,71	0,0047 **
ERROR	1436,88	72	19,96		
TOTAL	2832,45	99			
C.V.	6,27%				

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 6), a los 113 días después de la siembra claramente las diferencias entre las líneas y los bloques son altamente significativas. Este resultado, refleja que al menos una de las líneas es diferente al resto de las líneas y lo que concierne a los bloques las diferencias son significativas respecto a la altura de planta, la prueba Duncan se aprecia en la figura 17.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la altura de planta en la fase de madurez fisiológica.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	1379,92	24	57,50	2,82	0,0004 **
BLOQUE	245,44	3	81,81	4,01	0,0107 *
ERROR	1470,07	72	20,42		
TOTAL	3095,43	99			
C.V.	6,16%				

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 7), a los 135 días después de la siembra claramente las diferencias entre las líneas y los bloques son altamente significativas. Este resultado, refleja que al menos una de las líneas es diferente al resto de las líneas y lo que concierne a los bloques indica que las diferencias son significativas para la altura de planta. la prueba Duncan se aprecia en la figura 18.

Según PROINPA (2005), la altura de planta no está directamente proporcionado con el tamaño de grano por la particularidad del grano, cuando las plantas son pequeñas los

granos son grandes, contrariamente si existen plantas con mayor altura el tamaño de grano es menor. Así mismo Gabriel *et al.* (2013) demostraron que las plantas con menor altura poseen panojas pequeñas con menor diámetro, menor rendimiento y mayor susceptibilidad al mildiu y del mismo modo, las plantas más altas tuvieron mayor longitud y diámetro de panoja, mayor diámetro de tallo, mayor rendimiento y resistencia al mildiu.

Los resultados en lo que respecta a la altura de planta muestran que la pendiente del suelo tuvo cierta influencia en las fases de inicio de panojamiento, en la formación de grano lechoso y en la madurez fisiológica.

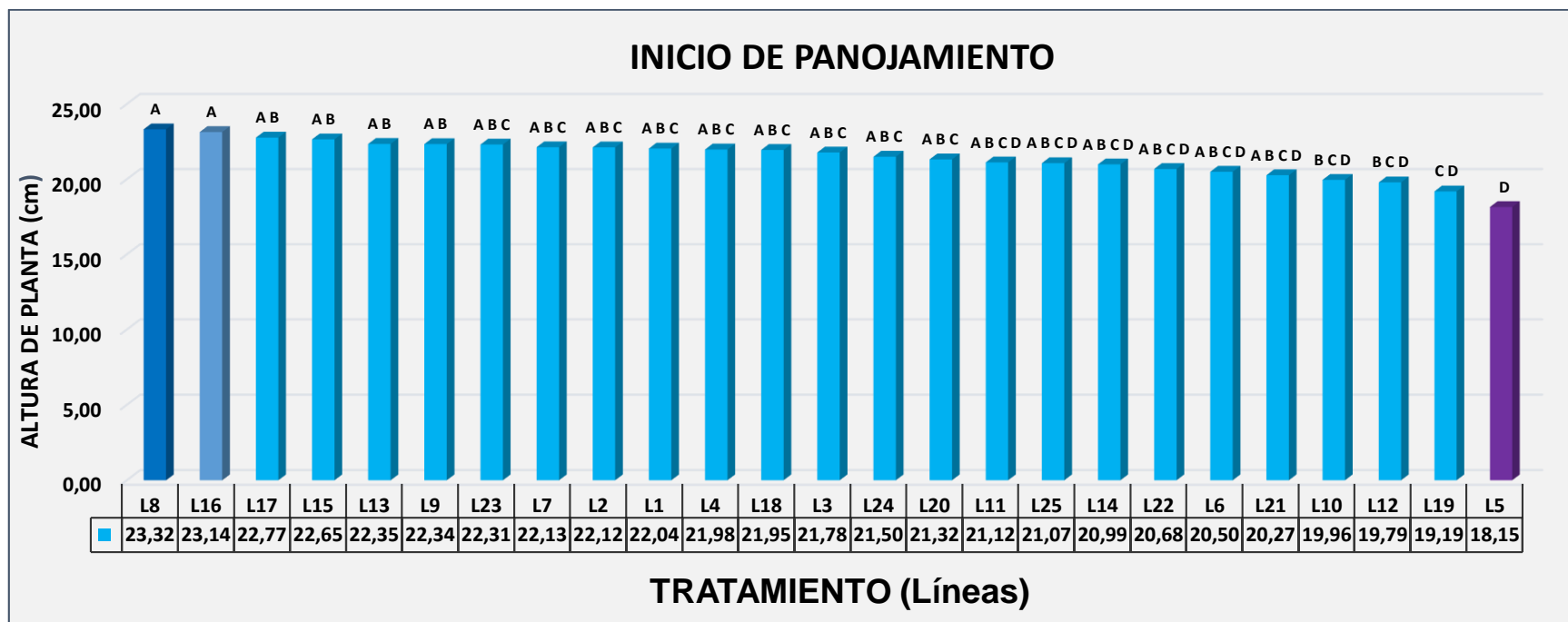


Figura 14. Prueba Duncan para altura de planta, en las líneas de quinua en la fase de inicio de panojamiento.

En la figura 25, los resultados de la prueba de Duncan al 5%, para la altura de planta a los 60 días después de la siembra, muestran 5 grupos donde la altura de planta varía de: 18,15 cm a 23,32 cm. En el primer grupo se encuentran las líneas: L8 con una altura de 23,32 cm y L16 con 23,14 cm siendo estadísticamente las líneas con mayor altura de planta, Para el último grupo se encuentra la línea: L5 con 18,15 cm, siendo la línea con menor altura de planta, así mismo la línea testigo L25 presenta una altura de planta de: 21,07 cm.

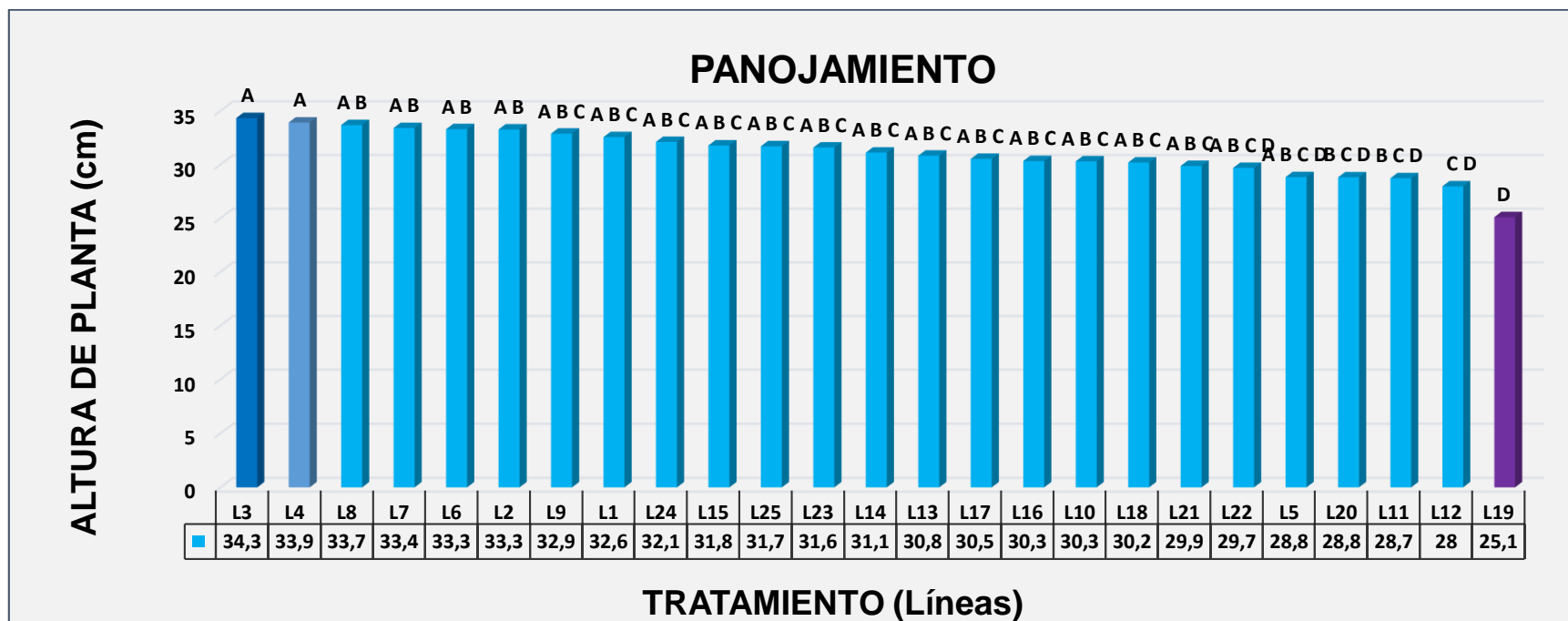


Figura 15. Prueba Duncan para altura de planta, en las líneas de quinua en fase de inicio de panojamiento.

La altura de planta a los 74 días después de la siembra según la prueba Duncan al 5% (figura 26), identificó 4 grupos para las 25 líneas en estudio. En el primer grupo es conformado por las líneas: L3 con 34,33 cm y L4 con 33,92 cm siendo estadísticamente las líneas con mayor altura de planta. En el último grupo se encuentra la línea L19 con 25,10 cm, siendo la línea con menor altura de planta, mencionar que la línea testigo L25 presenta una altura de planta de: 31,71cm.

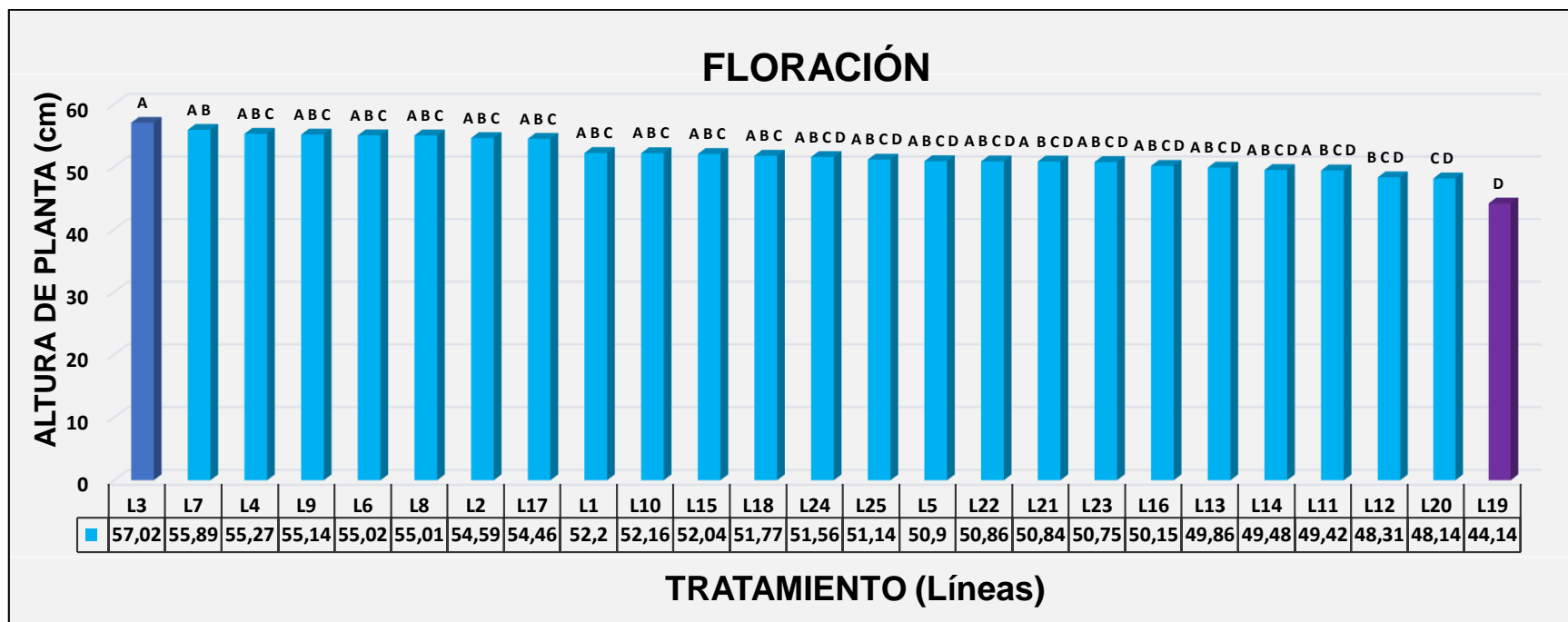


Figura 16. Prueba Duncan para altura de planta, en las líneas de quinua en fase de floración.

La altura de planta a los 99 días después de la siembra, conforme al análisis de prueba de Duncan al 5% (figura 27), muestran 4 grupos para las 25 líneas en estudio. El primer grupo presenta a la línea L3 con 57,02 cm, siendo significativamente la mayor altura de planta. Así mismo la línea L19 con 44,14 cm es la menor altura de planta, aludimos a la línea testigo L25 presentando una altura de planta de: 51,14 cm.

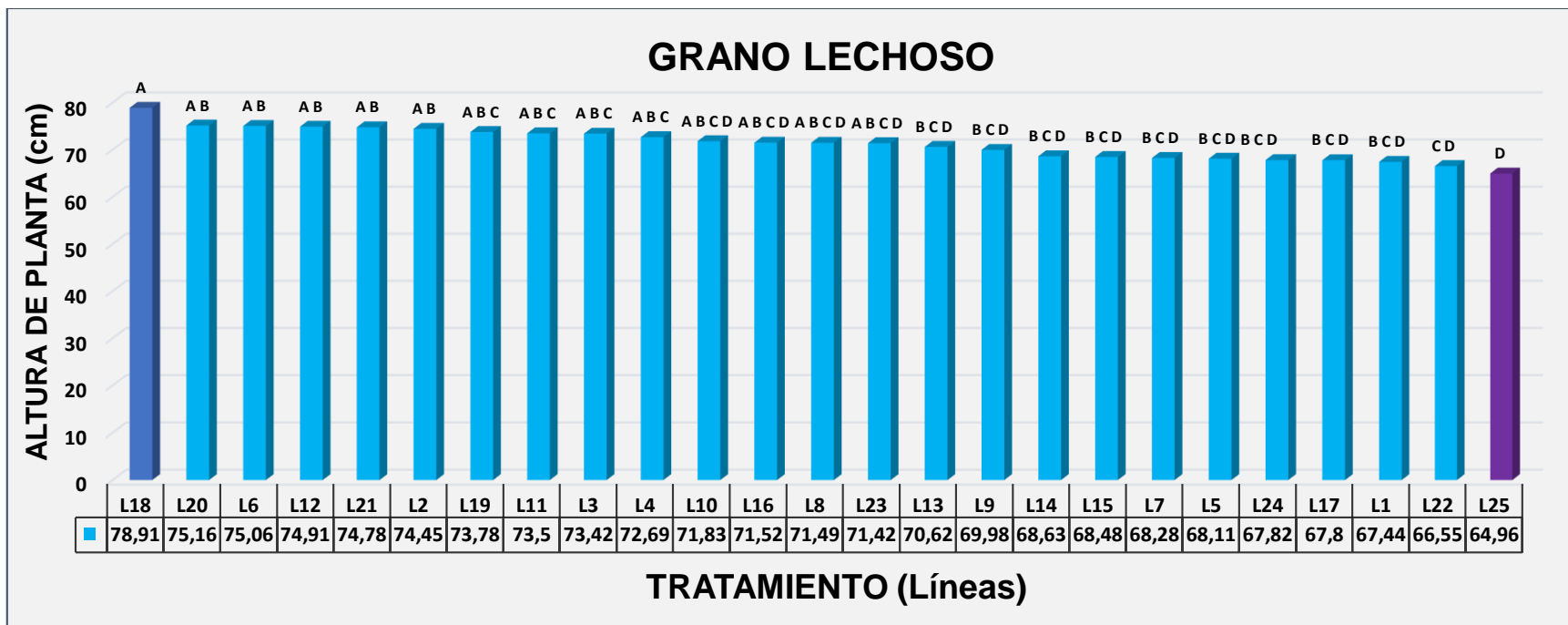


Figura 17, Prueba Duncan para altura de planta, en las líneas de quinua en fase de grano lechoso.

Los resultados del análisis de prueba de Duncan (figura 28) al 5%, para la altura de planta a los 113 días después de la siembra, muestran 4 grupos para las 25 líneas en estudio. En el primer grupo se encuentra la línea: L18 con 78,91 cm, siendo significativamente la mayor altura de planta. Así mismo la línea: L19 tiene la menor altura de planta con 64,96 cm entre los demás tratamientos. La línea testigo L25 presenta una altura de planta de 68,48 cm.

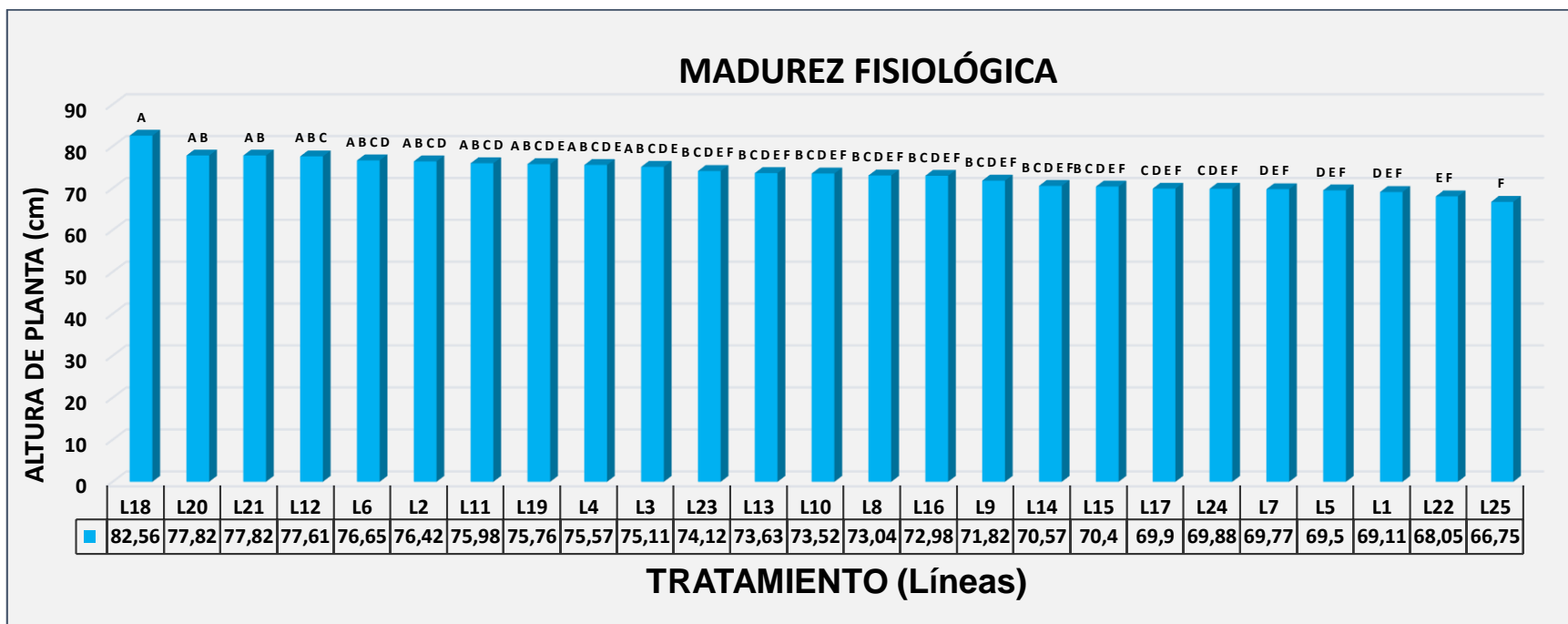


Figura 18. Prueba Duncan para altura de planta, en las líneas de quinua en fase de madurez fisiológica

Los resultados de la prueba de Duncan al 5% (figura 29), para la altura de planta a los 60 días después de la siembra, muestran 5 grupos. En el primer grupo se encuentra la línea L18 con 82,56 cm, siendo estadísticamente la línea con mayor altura de planta, Para el último grupo se encuentra la línea testigo L25 con 66,75 cm siendo la línea con menor altura de planta

6.2.2. Diámetro de panoja

Cuadro 8. Análisis de varianza para el diámetro de panoja.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	3,85	24	0,16	1,65	0,0538 N.S.
BLOQUE	0,25	3	0,08	0,86	0,4677 N.S.
ERROR	7,00	72	0,10		
TOTAL	11,11	99			
C.V.	9,61%				

El diámetro de panoja en el cultivo de quinua, como se observa en el cuadro 8, puntualiza diferencias no significativas para las líneas mejoradas y bloques, reflejando que ninguna de las medidas de diámetro de panoja es diferente entre las líneas. Los datos no presentan una diferencia estadística,

Blanco (2009), indica el diámetro de panoja menor varía en un rango de 2.9 a 19.4 cm. Huanca (2008) registró valores de 2,8 y 3,6 cm en líneas precoces evaluadas en Viacha, encontrando mayor diámetro en líneas con mayor precocidad. El diámetro de panoja en el trabajo realizado presentó resultados constantes sin mucha variación limitándose en rangos de: 2,93 cm a 3,76 cm, siendo datos irrelevantes estadísticamente.

6.2.3. Longitud de panoja

Cuadro 9. Análisis de varianza para longitud de panoja.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	81,92	24	3,41	1,21	0,2604 N.S.
BLOQUE	658,16	3	219,39	78,00	<0,0001 **
ERROR	202,52	72	2,81		
TOTAL	942,60	99			
C.V.	11,13%				

En relación al análisis de varianza (cuadro 9), efectuado para la longitud de panoja de las 25 líneas avanzadas, las diferencias observadas en los tratamientos no son significativas. Lo que refleja que las medidas de longitud de panoja son similares entre las líneas. Las diferencias entre bloques son significativas a nivel estadístico. El coeficiente de variación es de 11,13% lo cual determina la confiabilidad de los datos tomados y el manejo del experimento.

La producción de granos está de acuerdo a la longitud de la panoja, las medias registradas en el presente estudio, clasifican a la longitud de panoja de las líneas entre pequeños, esto de acuerdo al rango de quienes agrupan la longitud de panoja en pequeñas de 15 cm, medianas y grandes hasta 70 cm. Se puede atribuir al potencial genético de las líneas mejoradas (Bonifacio 2006).

Según Álvarez *et al.* (2016) el mildiú (*Peronospora variabilis* Gaüm), provoca pérdidas que varían entre el 20 y 25%. La defoliación prematura, enanismo reducen del rendimiento entre el 10% y el 30%., pero en ataques severos cuando la planta se encuentra en las fases fenológicas más críticas y la variedad es susceptible, el mildiú puede provocar la pérdida total del rendimiento (Gómez y Aguilar 2016),

6.2.4. Índice de cosecha

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 10), efectuado para el índice de cosecha de las 25 líneas avanzadas, las diferencias observadas son altamente significativas. Este resultado, refleja que al menos una de las líneas es diferente al resto de las líneas. Las diferencias entre bloques no son significativas a nivel estadístico o sea que no son

similares. El coeficiente de variación es de 5.15%, lo cual determina la confiabilidad de los datos tomados y el manejo del experimento.

Cuadro 10. Análisis de varianza para índice de cosecha.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	0,18	24	0,01	13,40	<0,0001 **
BLOQUE	2,0E-03	3	6,8E-04	1,19	0,3186 N.S.
ERROR	0,04	72	5,7E-04		
TOTAL	0,22	99			
C.V.	5,15%				

Considerando los valores reportados en el cuadro anterior, según los cuales las líneas avanzadas presentan diferencias altamente significativas, se procedió a efectuar la prueba de Duncan con la finalidad de determinar más detalladamente la superioridad de las mismas. En la figura 19, se muestra la prueba de significancia según Duncan al 5% para el índice de cosecha de las 25 líneas avanzadas con resistencia al mildiu.

Robles (1991), señala que el índice de cosecha puede ser menor o mayor según sean de regiones de clima cálido o templado: plantas de regiones templadas adquieren mayor IC., en relación a zonas cálidas. En tanto, Bonifacio y Espíndola (1996), sostiene que factores adversos tales como heladas, sequía y mildiú, afectan directamente al índice de cosecha consecuente la producción será baja.

Mujica (2004), reportó índices de cosecha de 0.21 a 0.45 en el cultivo de quinua. Así mismo Bonifacio y López (2013), demuestran que cuanto menor índice de cosecha la planta produce más broza que grano. Las líneas evaluadas manifestaron mayor índice de cosecha, mostrando diferencias en la capacidad para transformar grano entre líneas, que se atribuyen netamente al material genético, donde se obtuvo 0,55 lo que quiere decir que el 55% es grano y el 45% es broza siendo el mayor índice de cosecha del estudio.

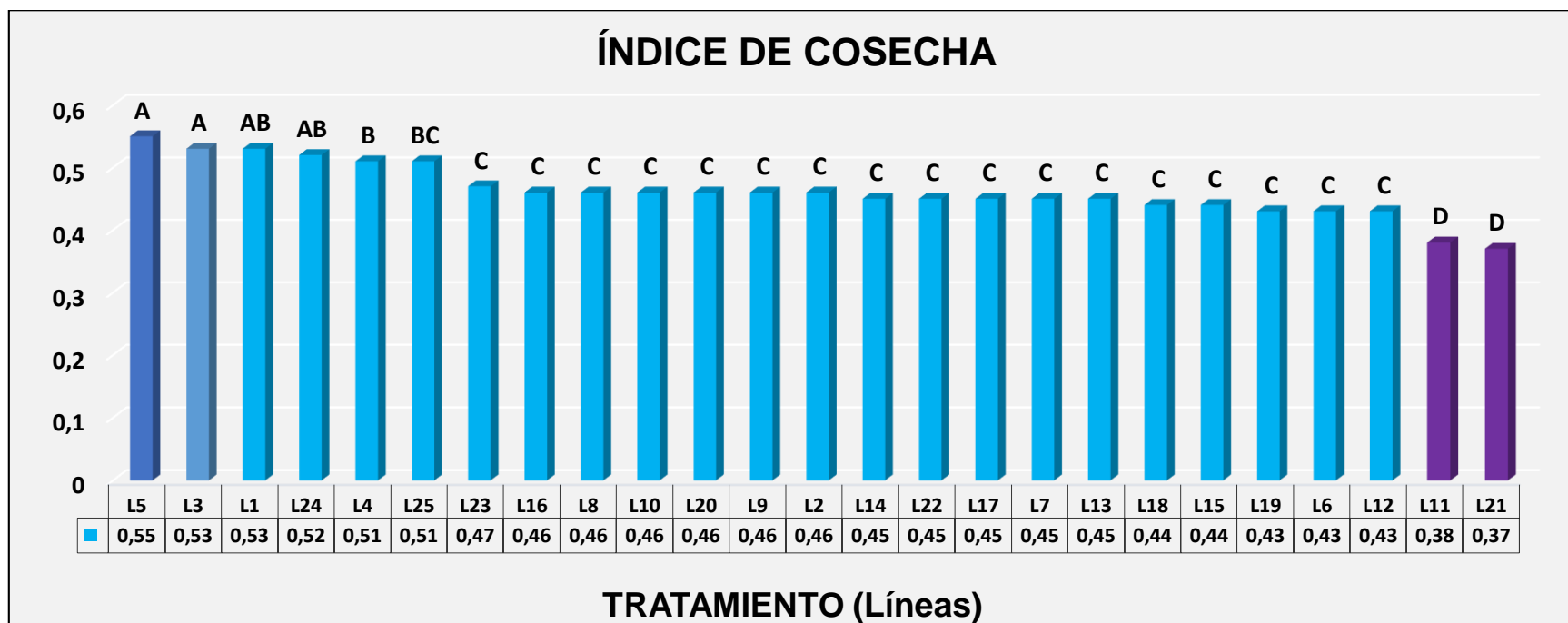


Figura 19. Prueba de significancia según Duncan al 5% para el índice de cosecha

En la figura 30, los resultados de la prueba de Duncan al 5% para el índice de cosecha, muestran 4 grupos donde el índice de cosecha varía de: 0,55 a 0,37. En el primer grupo se encuentran la línea: L5 con 0,55 cm siendo estadísticamente la línea con mayor índice de cosecha, a su vez seguido de las líneas L3 y L1 con 0,53. Para el último grupo se encuentra la línea: 21 con 0,37, siendo la línea con menor índice. Así mismo la línea testigo L25 presenta un índice de cosecha de: 0,51 cm.

6.2.5. Peso hectolítrico

Cuadro 11. Análisis de varianza para el peso hectolítrico.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	105,84	24	4,41	10,45	<0,0001 **
BLOQUE	2,13	3	0,71	1,68	0,1782 N.S.
ERROR	30,39	72	0,42		
TOTAL	138,37	99			
C.V.	0,90%				

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 11), las diferencias entre líneas son altamente significativas, en cambio, las diferencias entre bloques no presentan significación estadística. El coeficiente de variación es de 0.9% que un valor muy bajo, lo cual se explica porque la evaluación se realizó en condiciones de laboratorio. Considerando los valores reportados en el cuadro anterior, indicando que las líneas avanzadas presentan diferencias altamente significativas, se procedió a efectuar la prueba de Duncan con la finalidad de determinar más detalladamente, esto en la figura 20.

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

Bonifacio *et al.* (2012), indican que hicieron evaluaciones de peso hectolítrico de diferentes variedades, una de ellas es la variedad Maniqueña que obtuvo un promedio de 76.1 kg/hl. Las diferencias detectadas entre las líneas en el presente estudio, dan a entender que presentan diferentes pesos debido a las condiciones que sufrió el cultivo en interacción con la presencia e infestación de la enfermedad del mildiu.

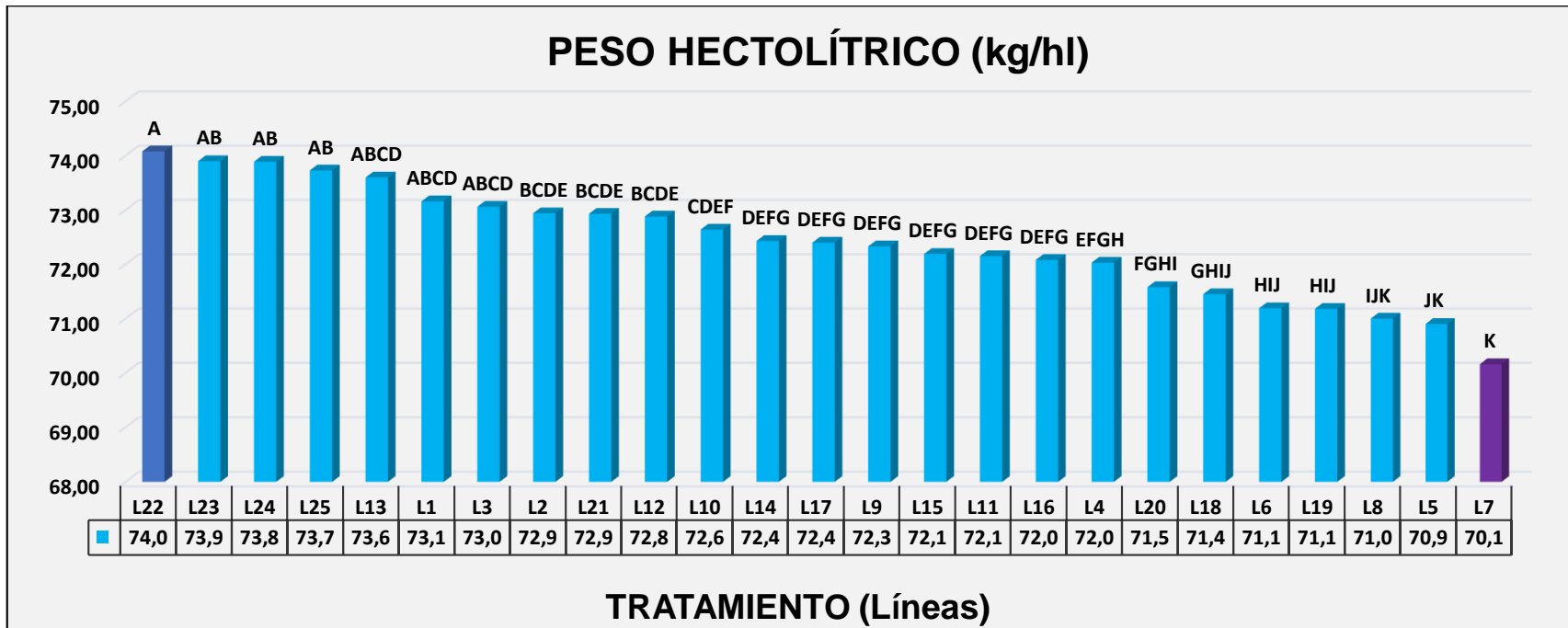


Figura 20. Prueba de significancia según Duncan al 5% para el peso hectolítrico (kg/hl).

La prueba Duncan para el peso hectolítrico, permiten visualizar once grupos de medias similares. En el primer grupo se encuentra la línea L22 con 74,08 kg/hl, siendo estadísticamente el mayor peso hectolítrico. En el último grupo se encuentra la línea L7 con 70,16 kg/hl, con el menor peso hectolítrico. Mencionar que la línea testigo L25 presentó un peso hectolítrico de 73,13 kg/hl de peso de grano contenido en un volumen de 100 litros.

6.2.6. Rendimiento de grano

El análisis de varianza para rendimiento de grano se presenta en el cuadro, donde se puede constatar la ausencia o presencia de significación estadística.

El análisis de varianza que se observa en el cuadro, efectuado para el rendimiento de grano, muestra que las diferencias observadas entre líneas y son altamente significativas y entre bloques no son estadísticamente significativas, lo que quiere decir que las diferencias observadas son atribuibles a factores aleatorios y no al efecto de las líneas ni a la influencia de los bloques. El coeficiente de variación es de 12,89% lo cual determina la confiabilidad de los datos tomados y el manejo del experimento.

Cuadro 12. Análisis de varianza para rendimiento de grano de la parcela útil.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	18823244,25	24	784301,84	10,54	<0,0001 **
BLOQUE	454819,38	3	151606,46	2,04	0,1162 N.S.
ERROR	5356979,30	72	74402,49		
TOTAL	24635042,92	99			
C.V.	12,89%				

Ante los valores reportados en el cuadro anterior, las líneas avanzadas presentan diferencias altamente significativas, se procedió a efectuar la prueba de Duncan con la finalidad de determinar más detalladamente las mismas como se muestra en la figura 21.

Según los datos obtenidos por el INE, el rendimiento promedio de quinua a nivel nacional durante la campaña agrícola 2018-2019, fue de 558 kg/ha, muy menor al registrado en el presente estudio, cuyo rendimiento promedio de las 25 líneas fue de 2116,698 kg/ha, debido principalmente al manejo a nivel de productor frente al manejo experimental.

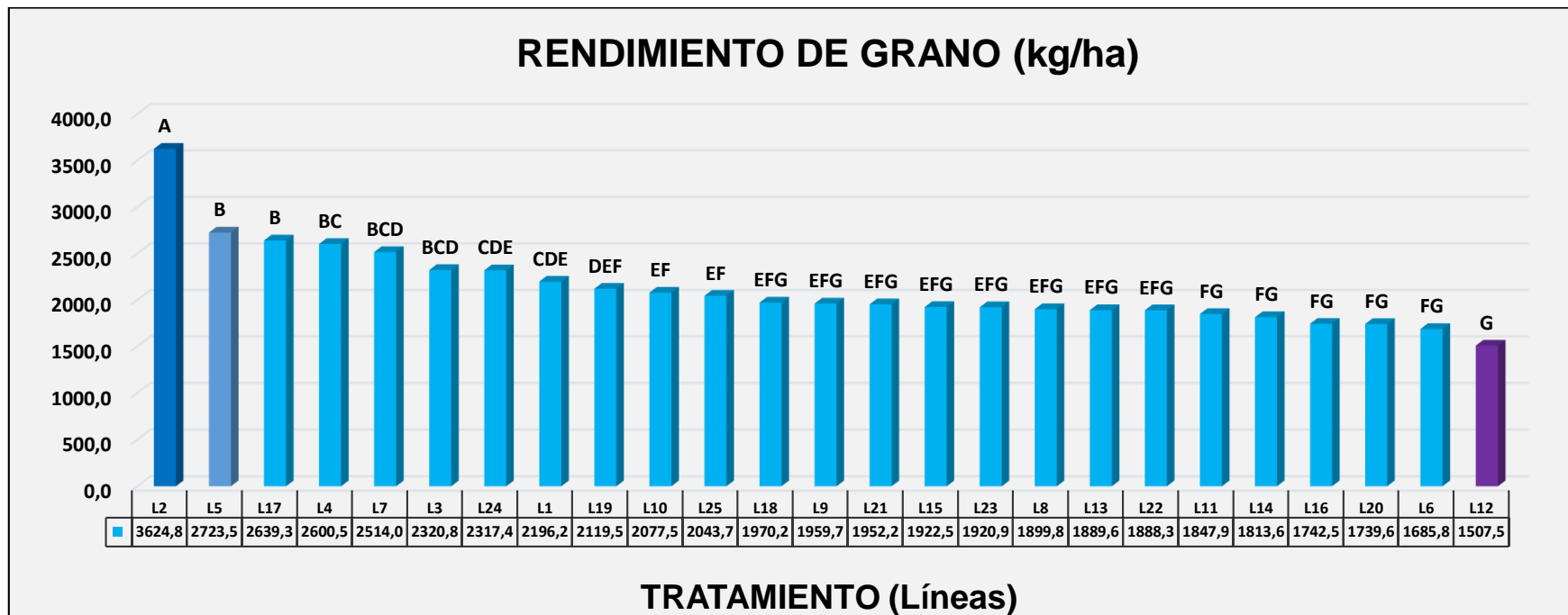


Figura 21. Prueba de significancia según Duncan al 5% para el rendimiento de grano.

En la figura 32, los resultados de la prueba de Duncan al 5% para el rendimiento de grano, muestran 7 grupos. En el primer grupo se encuentran la línea: L2 con 3624,8 kg/ha siendo estadísticamente la línea con mayor rendimiento de grano, a su vez seguido de segundo grupo con la línea L5 con 2723,5 kg/ha. Para el último grupo se encuentra la línea: L12 con 1507,5 kg/ha siendo la línea con menor rendimiento de grano. Así mismo la línea testigo L25 presenta un rendimiento de grano de: 2043,7 kg/ha.

Al evaluar líneas resistentes al mildiu, se identificó material con buen nivel de resistencia al mildiu, pero asociada al ciclo tardío y al tamaño de grano pequeño, lo que es poco favorable para el Altiplano y escasamente preferidos en el mercado (Gabriel *et al.* 2012).

La duración del ciclo o de etapas particulares del desarrollo es una de las variables más importantes en explicar los patrones de interacción genotipo x ambiente para rendimiento (Bertero *et al.* 2004).

Según Gutiérrez (2013), para el efecto de cálculo de rendimiento se pesa los granos limpios de cada planta, expresada en gr/planta para su análisis estadístico y posterior conversión en kg/ha. Se observa diferencias entre líneas, presentando diferencias estadísticas; cabe señalar que este parámetro de evaluación posiblemente fue influenciado por la pérdida de grano en el emparvado y eliminación de plantas atípicas en campo en el proceso de limpieza del grano.

Medrano (2018) obtuvo rendimientos de grano de: 3744.15 kg/ha a 2578.3 kg/ha, aplicando estiércol semi-descompuesto, pero su tratamiento testigo fue de 1833.9 kg/ha que obtuvo el menor rendimiento de grano.

También Abell *et ál.*, demuestran que con trabajos de fertilización de quinua en Oruro, Bolivia, se obtuvieron rendimientos de 2847 kg/ha con aplicaciones de abonamiento químico de 120 kg de nitrógeno siendo el rendimiento de 407 kg/ha, cuando no se aplicó fertilizante alguno.

6.2.7. Porcentaje de tamaño de grano

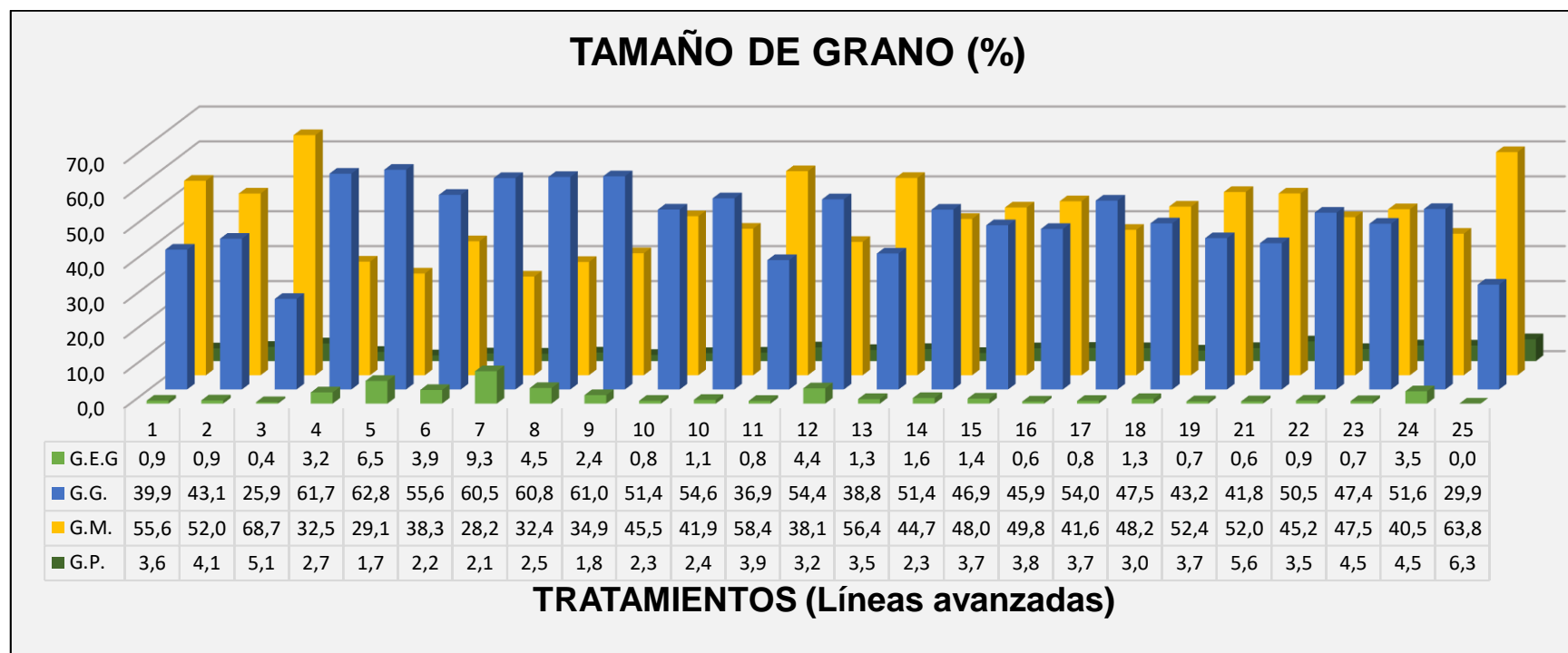


Figura 22. Comparación de medias para el porcentaje de tamaño de grano de las 25 líneas de quinua.

La figura 22, muestra que el mayor porcentaje de grano extra grande (G.E.G.) de las medias fue para la L7 con 9,25% y la línea con menor porcentaje fue L3 con 0,43%. Para el porcentaje de grano grande (G.G.) el porcentaje mayor fue de L5 con 62,83% y el porcentaje menor fue de L3 con 25,85%. El porcentaje mayor en granos medianos (G.M.) fue de L3 con 68,68% y el porcentaje menor fue de L7 con 28,18%, en lo que concierne al grano pequeño (G.P.); el porcentaje mayor fue de L 25 con 5,62%, el porcentaje menor fue de L5 con 1,65%.

Según Bergesse *et al.* (2015), el tamaño de grano varía entre 1,5 y 2,5 mm de diámetro, dependiendo de la variedad, el color de los granos depende del color del pericarpio y del episperma. Repo de Carrasco y Encina (2008) afirman que las semillas pueden ser blancas, cafés, amarillas, grises, rosadas, rojas o negras y se clasifican según su tamaño en grandes (2,2-2,6 mm), medianas (1,8-2,1 mm) y pequeñas (menos de 1,8 mm).

En el trabajo realizado se llegó a obtener granos extra grandes de quinua de al menos 2,8 y 3 mm, pero los granos no pudieron ser rellenas o redondas sino que en contra parte fueron planas lo cual podría atribuirse a aspectos fisiológicos o la baja fertilidad del suelo.

6.3. Variables de la enfermedad

6.3.1. Porcentaje de severidad del mildiu en las fases fenológicas del cultivo.

Cuadro 13. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de ramificación.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	675,69	24	28,15	3,53	<0,0001 **
BLOQUE	18,81	3	6,27	0,79	0,5058 N.S.
ERROR	574,65	72	7,98		
TOTAL	1269,16	99			
C.V.	34,96%				

En relación al análisis de varianza (cuadro 13), efectuado para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de ramificación (a los 46 días después de la siembra), las diferencias observadas en las líneas refleja una alta significancia de las medidas de porcentaje de severidad en los días de ramificación, es decir que son diferentes entre líneas. En tanto a los bloques no son significativos. El coeficiente de variación es de 34,96% que muestra la falta de confiabilidad de los resultados, esto debido a ser la primera toma de muestras

donde claramente los datos no presentan una homogeneidad, también por el hecho de que la enfermedad se hacía presente de una manera lenta.

Cuadro 14. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de ramificación.

Ramificación		
Líneas	Medias Duncan	
L20	13,55	A
L8	12,52	A B
L9	11,27	A B C
L7	10,84	A B C D
L10	10,70	A B C D
L14	9,87	A B C D E
L22	9,38	A B C D E
L4	9,16	A B C D E F
L12	9,14	A B C D E F
L6	8,86	A B C D E F
L24	8,37	B C D E F
L1	8,35	B C D E F
L5	8,16	B C D E F
L16	8,04	B C D E F
L2	8,04	B C D E F
L19	7,57	C D E F G
L23	6,85	C D E F G H
L15	6,70	C D E F G H
L25	6,49	C D E F G H
L11	6,33	D E F G H
L13	6,16	D E F G H
L21	5,39	E F G H
L18	4,58	F G H
L17	2,99	G H
L3	2,75	H

De acuerdo a la prueba Duncan al 5% (cuadro 14), muestra que en la fase de ramificación, se visualiza 7 grupo. En el primer grupo se encuentran la línea: L20 con 13,55% siendo estadísticamente la línea con mayor porcentaje de severidad del mildiu, a su vez seguido de segundo grupo con la línea L8 con 12,52% Para el último grupo se encuentra la línea: L3 con 2,75% siendo la línea con menor porcentaje de severidad del

mildiu. La línea testigo obtuvo una media de L25 con 6,49% de porcentaje de severidad del mildiu.

Cuadro 15. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de inicio de panojamiento.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	1036,85	24	43,20	5,98	<0,0001 **
BLOQUE	125,82	3	41,94	5,80	0,0013 **
ERROR	520,28	72	7,23		
TOTAL	1682,95	99			
C.V.	15,86%				

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 15), en la fase de inicio de panojamiento (a los 54 días después de la siembra) claramente las diferencias entre las líneas y los bloques son altamente significativas. Este resultado, refleja que al menos una de las líneas es diferente al resto de las líneas y lo que concierne a los bloques indica que la pendiente tuvo efecto respecto al porcentaje de severidad del mildiu en los días de inicio de panojamiento.

En el cuadro 16, los resultados de la prueba de Duncan al 5%, para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de inicio de panojamiento (a 54 días después de la siembra), muestran 8 grupos con rangos de: 10,30% a 23,75%. En el primer grupo se encuentran las líneas: L20 con 23,75%; siendo estadísticamente la línea con mayor porcentaje de severidad. Para el último grupo se encuentra la línea: L17 con 10,30%, seguido de las líneas: L21 con 11,31% y L3 con 11,40% siendo las líneas con menor porcentaje de severidad, así mismo la línea testigo L25 con 15,95% porcentaje de severidad del mildiu.

Cuadro 16. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de inicio de panojamiento.

Inicio de panojamiento		
Líneas	Medias Duncan	
L20	23,75	A
L9	19,90	A B
L7	19,87	A B
L8	19,79	A B
L4	19,66	A B
L6	19,64	A B
L1	19,31	B C
L22	19,28	B C
L10	19,10	B C D
L2	18,88	B C D
L14	18,64	B C D
L5	18,54	B C D
L24	18,30	B C D E
L12	16,14	B C D E F
L15	15,98	B C D E F
L25	15,95	B C D E F
L11	15,78	B C D E F
L19	15,53	B C D E F G
L23	15,01	C D E F G
L13	14,68	D E F G
L18	14,06	E F G H
L16	12,89	F G H
L3	11,40	G H
L21	11,31	G H
L17	10,30	H

En el cuadro 17 de acuerdo al análisis de varianza en la fase de panojamiento (a los 59 días después de la siembra) claramente las diferencias entre las líneas son altamente significativas. Este resultado, refleja que al menos una de las líneas es diferente al resto de las líneas y lo que concierne a los bloques no son significativas en cuanto se refiere al porcentaje de severidad del mildiu en la fase de panojamiento. Ante la significancia de los resultados del análisis de varianza se procede a la prueba Duncan donde se especificara mejor el resultado del porcentaje de severidad del mildiu

Cuadro 17. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de panojamiento.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	2478,18	24	103,26	3,67	<0,0001 **
BLOQUE	289,46	3	96,49	3,43	0,0215 N.S.
ERROR	2027,13	72	28,15		
TOTAL	<u>4794,78</u>	99			
C.V.	16,88%				

Cuadro 18. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de panojamiento.

Panojamiento		
Líneas	Medias Duncan	
L10	38,21	A
L20	38,19	A
L4	37,04	A B
L8	36,92	A B
L14	36,61	A B
L2	36,57	A B
L24	36,24	A B C
L5	34,97	A B C
L7	34,68	A B C
L9	34,43	A B C
L6	34,38	A B C
L22	33,66	A B C D
L11	31,43	A B C D E
L25	29,95	A B C D E
L1	29,54	A B C D E
L23	29,47	A B C D E
L16	28,42	B C D E F
L21	28,21	B C D E F
L3	28,11	B C D E F
L12	27,90	B C D E F
L15	27,45	C D E F
L18	25,38	D E F
L19	25,03	D E F
L13	22,58	E F
L17	20,48	F

Los resultados de la prueba de Duncan al 5% (cuadro 18) para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de panojamiento (a 54 días después de la siembra), muestran 8

grupos con rangos de: 10,30% a 23,75%. En el primer grupo se encuentran las líneas: L20 con 23,75%; siendo estadísticamente la línea con mayor de porcentaje de severidad. Para el último grupo se encuentra la línea: L17 con 10,30%, seguido de las líneas: L21 con 11,31% y L3 con 11,40% siendo las líneas con menor porcentaje de severidad, así mismo la línea testigo L25 con 15,95% porcentaje de severidad del mildiu.

Cuadro 19. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de inicio floración.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	2676,79	24	111,53	7,78	<0,0001 *
BLOQUE	44,89	3	14,96	1,04	0,3787 N.S.
ERROR	1032,43	72	14,34		
TOTAL	<u>3754,11</u>	99			
C.V.	9,04%				

En relación al análisis de varianza (cuadro 19), efectuado para el porcentaje de severidad del mildiu fase de inicio floración (68 días después de la siembra), las diferencias observadas en las líneas refleja que son significativas en las medidas de porcentaje de severidad a los días de floración, es decir que son diferentes entre líneas. En tanto a los bloques no son significativos.

En el cuadro 20, los resultados de la prueba de Duncan al 5%, para el porcentaje de severidad del mildiu fase de inicio floración (68 días después de la siembra), muestran 9 grupos. En el primer grupo se encuentran la línea: L2 con 52,71%; siendo la línea con mayor de porcentaje de severidad en la fase de inicio de la floración. Seguidamente de la línea L7 con 48,80%. Para el último grupo se encuentra la línea: L17 con 29,49%, siendo la línea con menor porcentaje de severidad, Por otro lado la línea seguidamente

de la línea: L13 con 31,68% y la línea testigo L25 con 41,38% porcentaje de severidad del mildiu.

Cuadro 20. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de inicio de floración.

Inicio de floración		
Línea	Medias	Duncan
L2	52,71	A
L7	48,80	A B
L4	47,46	A B C
L5	47,44	A B C
L14	47,30	A B C
L8	46,01	B C D
L20	45,89	B C D
L1	45,00	B C D E
L24	44,28	B C D E F
L10	43,28	B C D E F G
L6	43,13	B C D E F G
L22	41,69	C D E F G
L11	41,69	C D E F G
L25	41,38	C D E F G
L21	41,24	C D E F G
L16	41,09	C D E F G
L23	40,23	D E F G
L15	39,20	E F G
L9	38,20	F G
L19	38,17	F G
L3	37,45	G H
L12	37,42	G H
L18	36,89	G H
L13	31,68	H I
L17	29,49	I

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 21), fase de floración (80 días después de la siembra), claramente las diferencias entre las líneas altamente significativas. Este resultado, refleja que al menos una de las líneas es diferente al resto de las líneas y lo que concierne a los bloques no son significativos al porcentaje de severidad del mildiu en la fase de floración.

Cuadro 21. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de floración.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	1065,28	24	44,39	4,74	<0,0001 **
BLOQUE	107,69	3	35,90	3,83	0,0132 N.S.
ERROR	674,02	72	9,36		
TOTAL	<u>1846,99</u>	99			
C.V.	7,42%				

Cuadro 22. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de floración.

Floración		
Línea	Medias	Duncan
L2	51,24	A
L4	45,86	B
L24	45,58	B
L11	43,85	B C
L16	43,13	B C
L18	43,13	B C
L20	43,11	B C
L14	42,56	B C D
L25	42,27	B C D E
L23	41,81	B C D E
L7	41,69	B C D E
L1	41,69	B C D E
L12	41,25	B C D E
L8	40,25	C D E F
L9	40,10	C D E F
L10	40,10	C D E F
L6	39,94	C D E F
L22	39,93	C D E F
L19	39,64	C D E F
L21	38,64	C D E F
L15	37,59	D E F
L5	37,25	E F
L13	37,23	E F
L3	37,16	E F
L17	36,07	F

Los resultados de la prueba de Duncan al 5% (cuadro 22), para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de grano lechoso (a 80 días después de la siembra), muestran 6 grupos. En el primer grupo se encuentran la línea: L2 con 51,24%; siendo estadísticamente la línea con mayor de porcentaje de severidad en la fase de floración. Para el último grupo se encuentra la línea: L17 con 36,07%, siendo las líneas con menor porcentaje de severidad. Seguido de las líneas: L15 con 37,59%; L5 con 37,25%; L13 con 37,23% y L3 con 37,16% así mismo la línea testigo L25 con 42,27% porcentaje de severidad del mildiu.

Cuadro 23. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de grano lechoso.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
LINEAS	1025,50	24	42,73	4,63	<0,0001 **
BLOQUE	17,14	3	5,71	0,62	0,6047 N.S.
ERROR	663,97	72	9,22		
TOTAL	<u>1706,61</u>	99			
C.V.	9,37%				

En relación al análisis de varianza (cuadro 23), efectuado para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de grano lechoso (90 días después de la siembra), las diferencias observadas en las líneas refleja que son significativas en las medidas de porcentaje de severidad en la fase de formación del grano lechoso, es decir que son diferentes entre líneas. En tanto a los bloques no son significativos. Se vizualiza mucho mejor la significancia en las líneas a través de la prueba Duncan.

En el cuadro 24, los resultados de la prueba de Duncan al 5%, para el porcentaje de severidad del mildiu a 90 días después de la siembra, muestran 8 grupos. En el primer grupo se encuentran la línea: L2 con 38,62%; siendo estadísticamente la línea con mayor

de porcentaje de severidad en la fase donde se va formándose el grano lechoso. Para el último grupo se encuentra la línea: L17 con 25,84%, siendo la línea con menor porcentaje de severidad, seguidamente de la línea: L5 con 28,43%; L15 con 28,47%. Por otro lado la línea testigo L25 con 37,16% porcentaje de severidad del mildiu.

Cuadro 24. Prueba Duncan para el porcentaje de severidad del mildiu en la fase de grano lechoso

Grano lechoso		
Líneas	Medias	Duncan
L2	38,62	A
L18	37,35	A B
L25	37,16	A B C
L24	37,01	A B C
L11	36,45	A B C D
L20	34,83	A B C D E
L14	34,73	A B C D E
L9	34,11	A B C D E F
L16	33,76	A B C D E F
L4	33,38	B C D E F G
L19	32,40	B C D E F G
L21	32,19	C D E F G
L7	31,82	D E F G
L1	31,82	D E F G
L8	31,34	E F G
L3	30,59	E F G H
L23	30,53	E F G H
L13	30,34	E F G H
L12	30,33	E F G H
L6	29,91	E F G H
L10	29,75	E F G H
L22	29,07	F G H
L15	28,47	G H
L5	28,43	G H
L17	25,84	H

En los resultados respecto al porcentaje de severidad del estudio realizado, de ante mano se realizó la transformación de los datos como se establece. Las condiciones para la

proliferación de la enfermedad estuvieron más que favorables, aunque en algunas fases fenológicas del cultivo los datos variaron esto a causa de las hojas caducas que contenían la enfermedad que penetra en el tejido mesotemático.

Según More (2016) los síntomas iniciales son pequeños puntos cloróticos amarillentos visibles en el haz de las hojas, son visibles a partir de los 34 días después de la siembra con severidad entre 0,27 -5.65%.

También Risco y Mattos (2015) mencionan que la enfermedad del mildiu avanza debido al debilitamiento de los tejidos por la elongación que existe en esta etapa, dado que la planta se vuelve más susceptible, llegando a un 30% de severidad favorecida por el aumento de la humedad del ambiente.

6.3.2. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC)

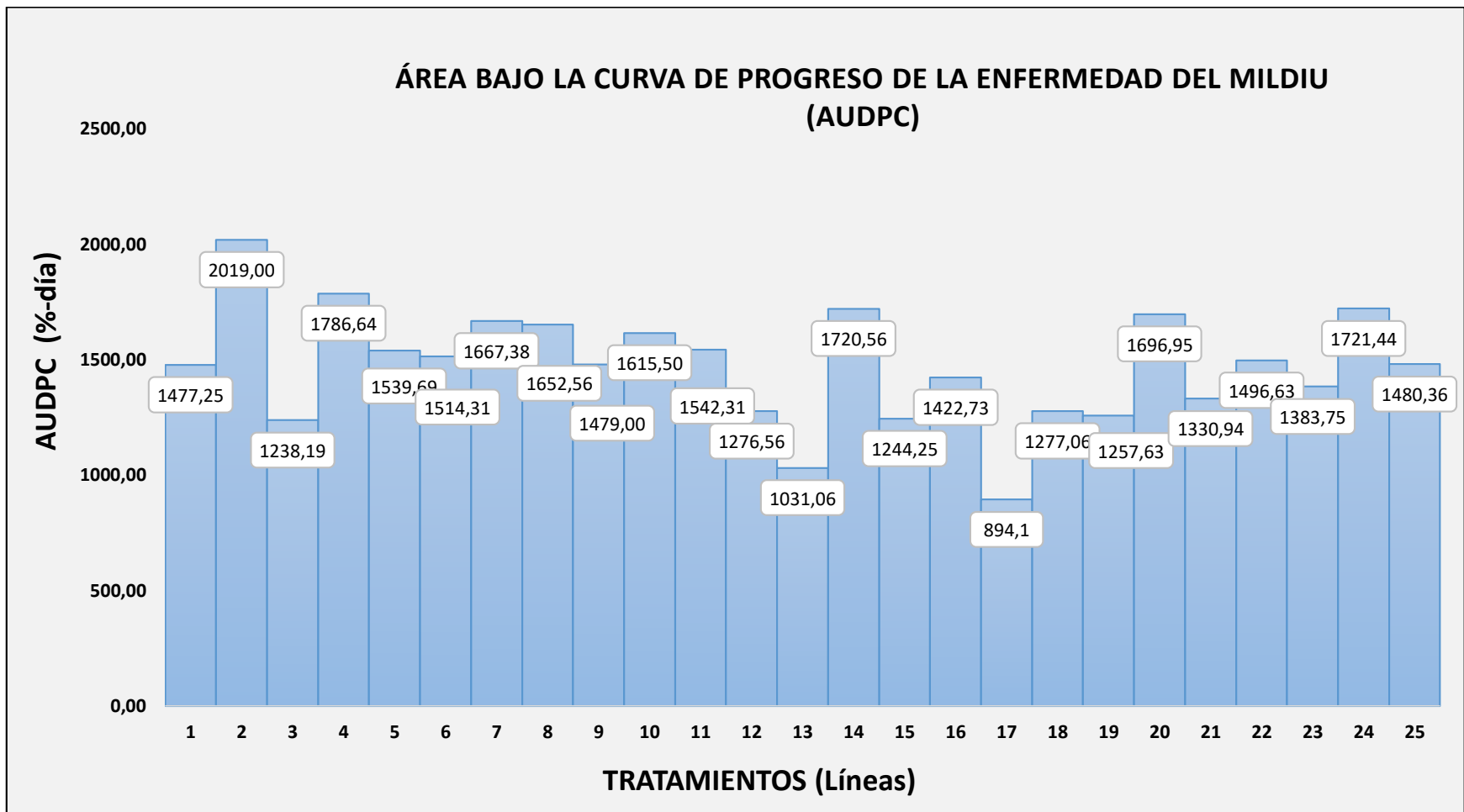


Figura 23. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) en las 25 líneas de quinua.

Los resultados en la figura 23, nos describen los valores de AUDPC de las 25 líneas en estudio, las medias de cada línea muestran un resultado sobre las líneas las cuales estarán establecidas por la línea testigo L25 con 1480,36 %-día por lo que se mencionarán a las líneas que podrían ser resistentes o susceptibles al mildiu. Las demás líneas se encuentran en la parte de anexos.

La línea con mayor resistencia fue la L17 con un de 894,1 %-día, las líneas que podrían presentar cierta resistencia según a la línea testigo son: L1, L3, L9, L12, L13, L15, L16, L18, L19, L21 y L23 con valores de: 1031,06 %-día, a 1479 %-día. Pero entre ellas destacan más las líneas: L13 con 1031,06 %-día; L3 con 1238,19 %-día; L15 con 1244,25 %-día; L19 con 1257,63 %-día; L12 con 1276,56 %-día y L18 con 1277,06 %-día.

Habría que decir también que la línea con mayor susceptibilidad fue la L2 con un 2019 %-día, las líneas que podrían ser susceptibles según a la línea testigo son: L4, L5, L6, L7, L8, L10, L11, L14, L20, L22 y L24 con valores de: 1496,63 %-día, a 1786,64 %-día, Pero entre ellas destacan más las líneas: L4 con 1786,64 %-día; L24 con 1721,44 %-día; L14 con 1720,56 %-día; L20 con 1696,95 %-día; L7 con 1667,38 %-día y L10 con 1615,50 %-día,

Teniendo en cuenta que se obtuvieron las líneas con mayor resistencia y mayor susceptibilidad, por lo consiguiente se procederá a dar más detalle sobre el AUDPC en las fases fenológicas en las que se efectuó su toma de dato. Además del porcentaje de infección por parte de la enfermedad del mildiu, es en ese sentido que las líneas L2, L4, L13 y L17 y la línea testigo L25 son las que reflejaran la manifestación de la enfermedad.

En la figura 24, se muestra como el porcentaje de infección en la línea testigo a los 46 días de evaluación obtuvo 19,38 % en la fase de ramificación y siendo la cúspide de la infección de la enfermedad en la fase de floración con 69,23 %, pero en la fase de la formación del grano lechoso el porcentaje de infección en la enfermedad empezó a descender solo un poco manteniéndose por encima del 50 %.

Con respecto al AUDPC en los días de ramificación fue de 77,5 %-día y en los días de la floración de la planta llegó a 390,8 %-día, pero empezó a descender a 249,8 %-día en la fase de la formación el grano lechoso, siendo la causa por las hojas caducas, por la defoliación, las necrosis en las hojas y el amarillamiento de la planta; también por las hojas defoliadas a causa de las plagas que sufre el cultivo de la quinua.

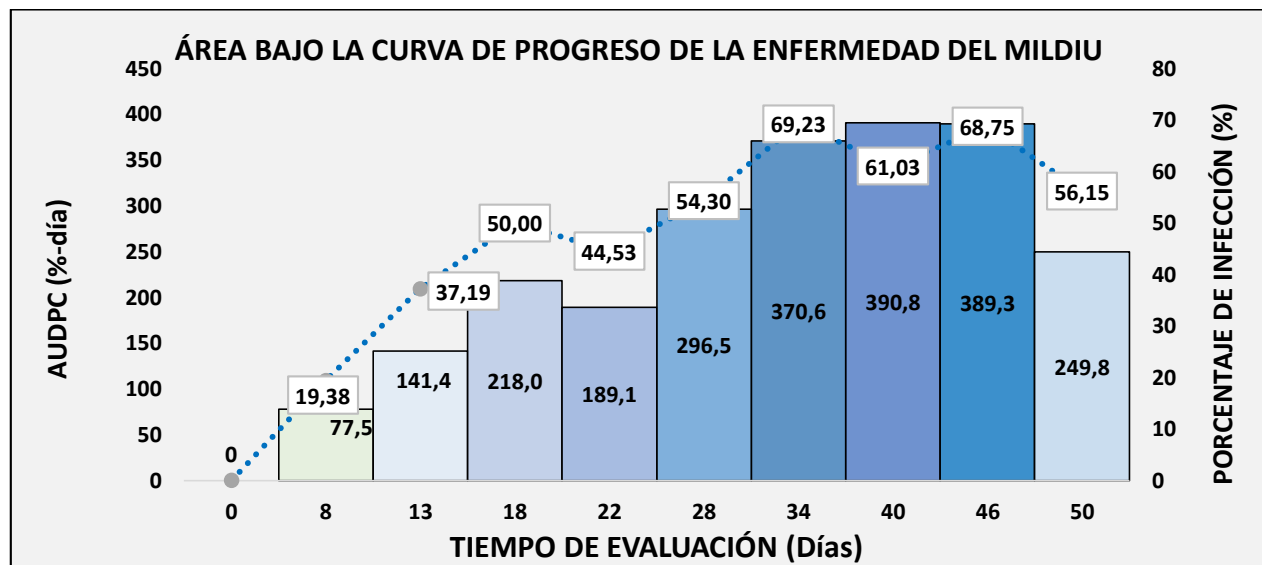


Figura 24. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea testigo 25 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.

En la figura 25, se muestra como la línea L2, siendo la línea con menor resistencia al mildiu estadísticamente, a los 46 días de evaluación obtuvo 30,63 % de infección, en la

fase de ramificación y siendo la cúspide de la infección de la enfermedad en la fase de floración con 74,26 %, la infestación se mantuvo más que constante pero en la fase de la formación del grano lechoso, el porcentaje de infección de la enfermedad empezó a descender solo un poco manteniéndose por encima del 50 %.

Con respecto al AUDPC en los días de ramificación el daño fue de 122,5 %-día, el porcentaje seguía ascendiendo; y en los días de la floración de la planta se incremento hasta que llego a 436,8 %-día .Empezó a descender en la fase del desarrollo del grano lechoso a 264,8 %-día, siendo la causa por las hojas caducas, por la defoliación, las necrosis en las hojas y el amarillamiento de la planta; también por las hojas defoliadas a causa de las plagas que sufre el cultivo de la quinua.

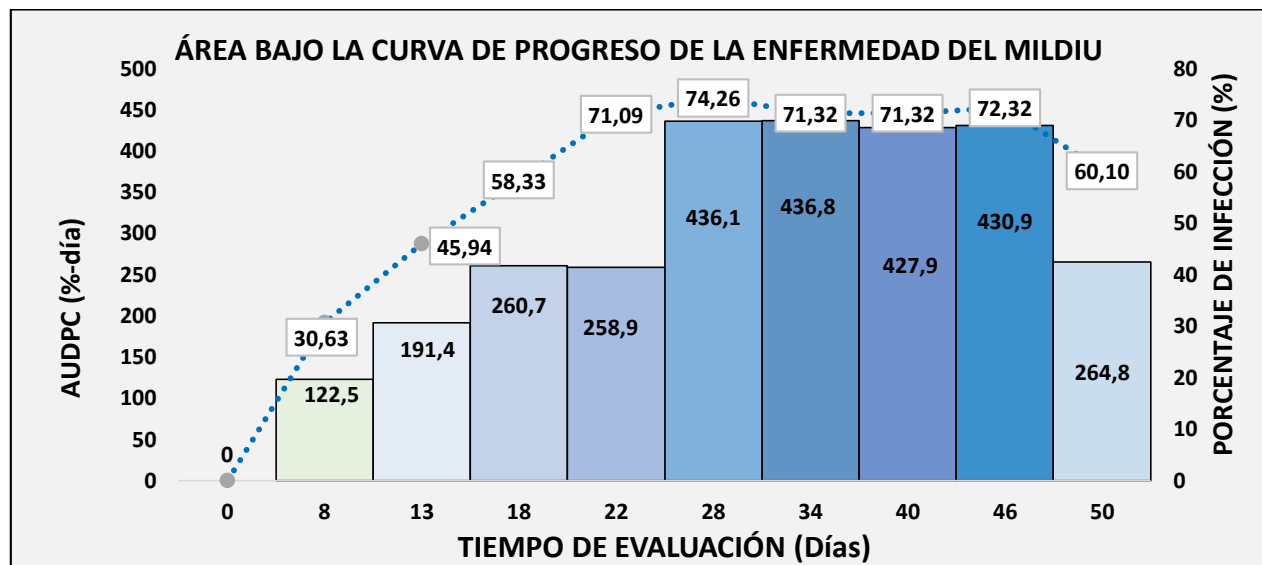


Figura 25. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 2 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.

La línea L4 se muestra como una de las línea con menor resistencia al mildiu (figura 26), a los 46 días de evaluación obtuvo 27,08 % de infección, en la fase de ramificación y siendo la cúspide de la infección en la fase de floración con 83,33 %. El porcentaje de infección se mantuvo más que constante pero en la fase de la formación del grano

lechoso la infección de la enfermedad empezó a descender solo un poco manteniéndose por encima del 60 %.

Respecto AUDPC en los días de ramificación fue de 108,3 %-día y seguía en ascenso; y en los días de la floración de la planta incremento hasta que llego a 479 %-día. Empezó a descender en la fase del desarrollo del grano lechoso a 270,8 %-día, siendo la causa por las hojas caducas, por la defoliación, las necrosis en las hojas y el amarillamiento de la planta; también por las hojas defoliadas a causa de las plagas que sufre el cultivo de la quinua.

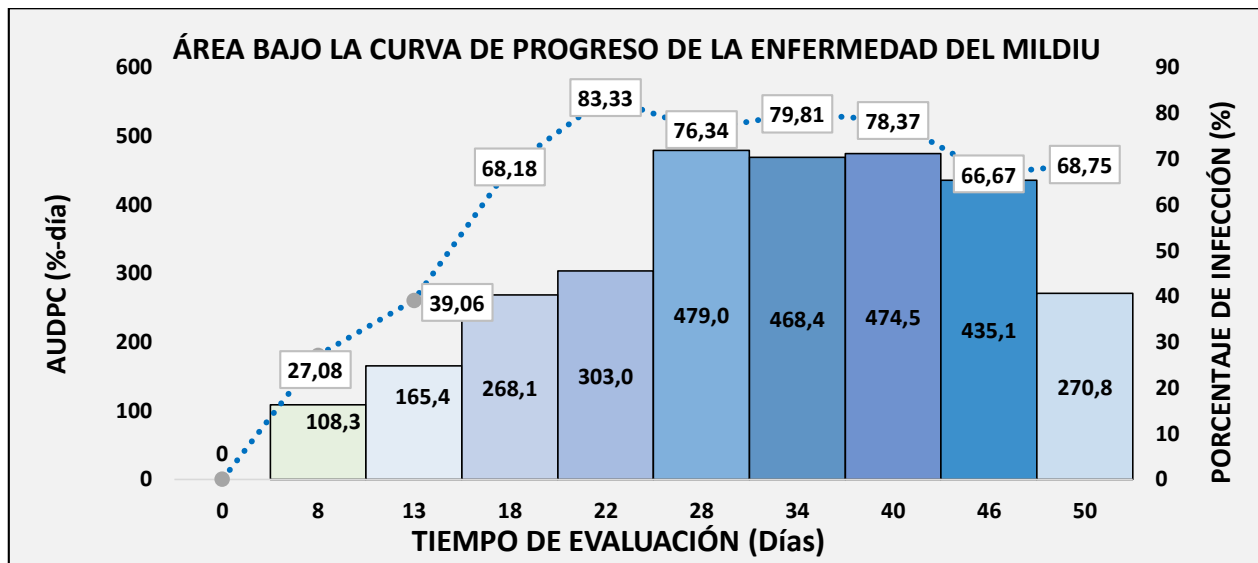


Figura 26. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 4 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.

En la figura 27, se muestra como la línea L13, siendo una de las líneas con mayor resistencia al mildiu estadísticamente, a los 46 días de evaluación obtuvo 27,50 % de infección en la fase de ramificación y siendo la cúspide del porcentaje de infección de la enfermedad en la fase de floración con 73,13 %, pero en la fase de la formación del grano

lechoso la infección de la enfermedad empezó a descender manteniéndose por encima del 30 %.

Con respecto al AUPDC en los días de ramificación fue de 110 %-día, el porcentaje acumulado seguía ascendiendo; y en los días de la floración de la planta incremento hasta que llego a 408,6 %-día. Empezó a descender en la fase del desarrollo del grano lechoso a 195,1 %-día; siendo la causa por las hojas caducas, por la defoliación, las necrosis en las hojas y el amarillamiento de la planta; también por las hojas defoliadas a causa de las plagas que sufre el cultivo de la quinua.

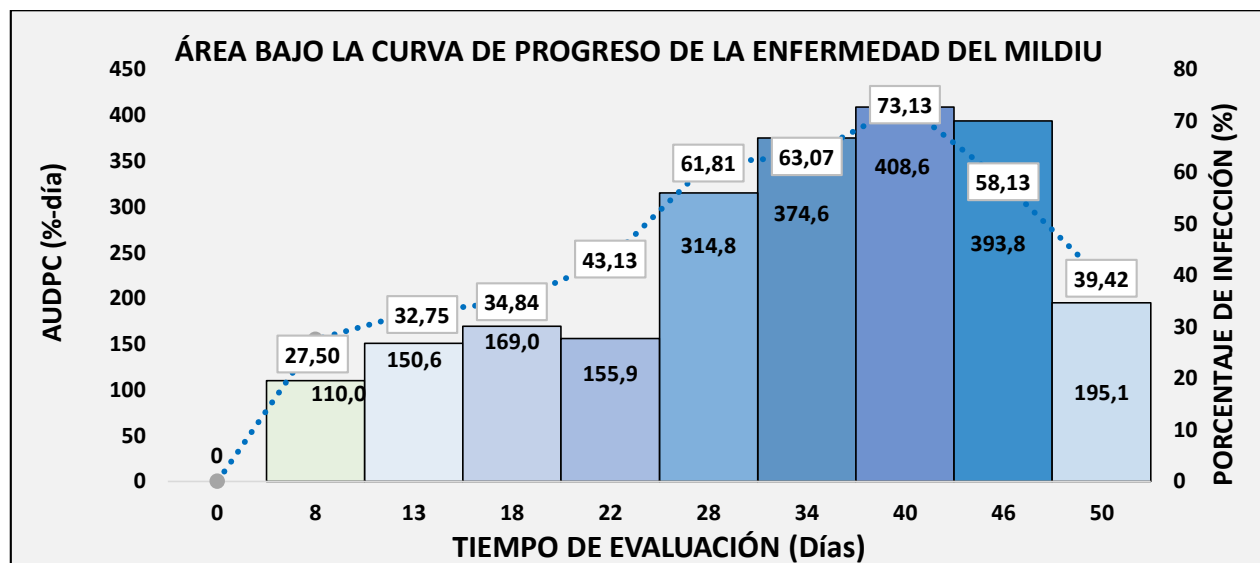


Figura 27. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 13 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.

En la figura 28, se muestra como la línea L17, siendo la línea con mayor resistencia al mildiu estadísticamente, a los 46 días de evaluación obtuvo 6,88 % de infección en la fase de ramificación y siendo la cúspide del porcentaje de infección de la enfermedad en la fase inicio de la floración con 82,08 %, la infección se mantuvo en ascenso pero en la

fase de la formación del grano lechoso la infestación de la enfermedad empezó a descender manteniéndose por encima del 30 %.

Con respecto al AUDPC en los días de ramificación fue de 27,5 %-día y fue ascendiendo. En los días de la floración de la planta el AUDPC se incrementó hasta que llegó a 376,7 %-día. El descenso fue en la fase del desarrollo del grano lechoso a 195,5 %-día, siendo la causa por las hojas caducas (figura 28).

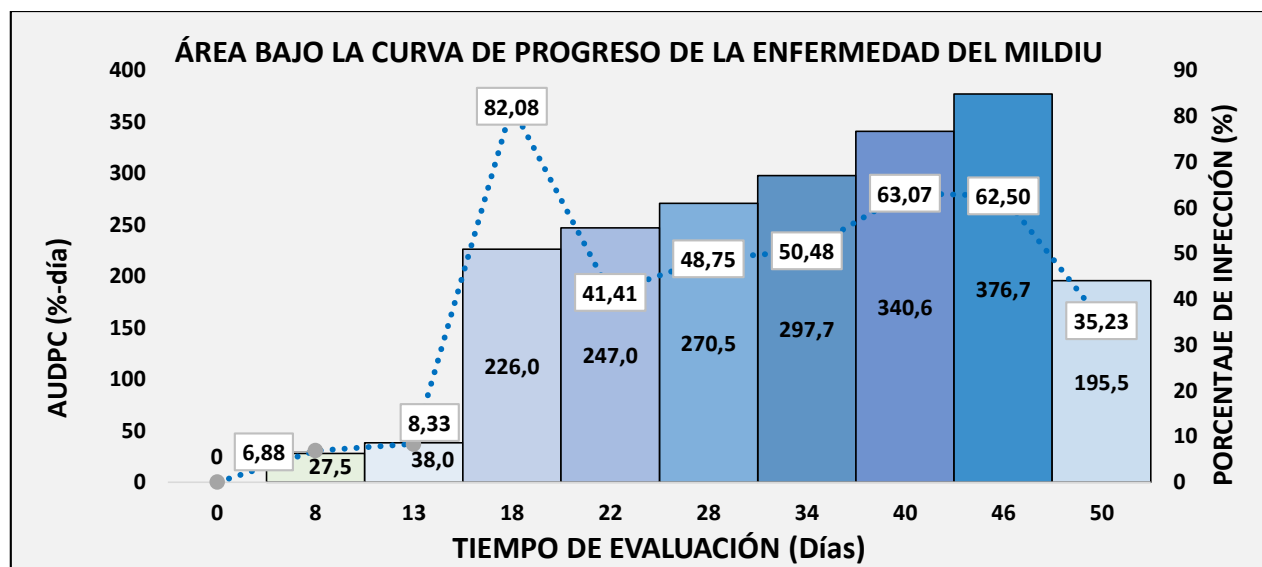


Figura 28. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 17 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.

En la investigación que realizó Quispe (2021), el AUDPC fue de 1413,70 %-día a 2560,61 %-día, en su campaña agrícola se presentaron precipitaciones constantes cuales condiciones fueron favorables para el desarrollo del mildiu. Risco (2014) en su estudio obtuvo un AUDPC de 175,43%-día a 442,43%-día.

7. CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones ambientales de campo donde se ha evaluado, se ha evidenciado diferencias significativas en la resistencia al mildiu al interior de las líneas avanzadas de quinua. Según los resultados obtenidos, se tiene las siguientes conclusiones:

Las líneas con mayor resistencia al mildiu fueron L13 y L17 por presentar el bajo porcentaje de severidad en la fase de floración ya que en esta fase fenológica se evidenció la mayor susceptibilidad a la enfermedad.

Respecto a las variables agronómicas la mayor altura de planta alcanzó la línea L18, mientras que en tamaño de panoja, el mayor diámetro de panoja para la línea L2 y la línea L7 obtuvo la mayor longitud de panoja.

En cuanto al tamaño de grano, todas las líneas presentaron grano grande, sin embargo, mediante la categorización por calibre del grano, se ha identificado a la línea L3 por tener un mayor porcentaje de grano grande.

Las diferencias en el índice de cosecha fueron significativamente diferentes para las líneas, variando entre 0.37 y 0.55, sobresaliendo la línea L5 con el mayor índice de cosecha (0,55).

En lo que concierne al peso hectolítrico, el valor promedio para las líneas y el testigo fue de 72.3 kg/hl, sobresaliendo la línea L22 por obtener el mayor peso con 74,08 kg/hl.

El mayor rendimiento en grano alcanzado fue para la línea L2 con 3624,8 kg/ha, pero contradictoriamente la línea L2 fue la mayor susceptible a la enfermedad del mildiu deduciéndose que presenta tolerancia a la enfermedad.

Entre el material genético evaluado, se ha identificado 7 líneas sobresalientes por su resistencia al mildiu, de las cuales, la línea L17 se destaca por tener un menor daño en su área foliar, también presenta características agronómicas aceptables, alcanzó un índice de cosecha del 0,45, su peso hectolítrico fue de 72,40 y por último su rendimiento en grano fue 2639,3 kg/ha.

8. RECOMEDACIÓN

En base a los resultados obtenidos y a las conclusiones presentadas, en la investigación se sugiere lo siguiente:

Continuar con la evaluación de resistencia al mildiu de las 7 líneas identificadas con mayor grado de resistencia, adoptando la siembra tardía, ya que existe la enfermedad del mildiu se presenta mayor severidad cuando las condiciones de lluvia son concentradas y humedad relativa es alta.

Se sugiere hacer una evaluación de resistencia al mildiu en forma paralela a la resistencia a plagas de la quinua.

Con las líneas identificadas como resistentes, realizar trabajos de evaluación del rendimiento a nivel regional (varias localidades) para comprobar su adaptación y rendimiento.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, RM; Barnuevo, EM; García, SC; Contreras, FC; Aldeguer, GM, Soto, MF; Guillén, GI; Luque, RA; Quinde, RF; Martínez, GA; López, RF. 2017. Efecto del consumo de quinua (*Chenopodium quinoa*) como coadyuvante en la intervención nutricional en sujetos prediabéticos (en línea). *Nutrición Hospitalaria*, 34(5), 1163 p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://dx.doi.org/10.20960/nh.843>
- Alfaro, JCh; Matus, TI; Ruf, K. s.f. Genética y mejoramiento genético de la quinua (en línea). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). MINISTERIO DE AGRICULTURA. Boletín INIA. 362 p. Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR41418.pdf>
- Alavi, G; Jan, j; Willems, P; Garcia, M. 2015. Simulation of quinoa production in the Bolivian highlands with the Aquacrop model with future scenarios generated by LARS-WG and QMP (online). *Journal of Agricultural research and innovation and natural resources*, 2(1):7-13 p. Retrieved 25 Nov. 2019. Available in http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S240916182015000100003&lng=es&tlng=es.
- Álvarez, AC; Molina, HT; Sánchez, LJ; Meza, NJM; Sánchez, M-P. 2016. El cultivo de quinua en Ancash: prevención y control de plagas y enfermedades (en línea). DRA ANCASH. Dirección Regional de Agricultura ANCASH. 15,32 p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://agroancash.gob.pe/agro/wp-content/uploads/2016/06/libro-quinua.pdf>
- Bazile, D; Pulvento, C; Verniau, A; Al-Nusairi, MS; Ba, D; Breidy, J; Hassan, L; Mohammed, MI; Mambetov, O; Otambekova, M; Sepahvand, NA; Shams, A; Souici, D; Miri, K; Padulosi, S. 2016. Worldwide evaluation of quinoa: preliminary results from post international year of quinoa FAO project in nine countries (en línea). *Frontier Plants Science* 7 p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00850>
- Bertero, H.D. 2014. Environmental control of development.2.1. IN: BAZILE D. et al. (Editors), "State of the Art of Quinoa in the World in 2013": FAO (Santiago de Chile) and CIRAD. Montpellier, France. 139 p.
- Bergesse, AE.; Boiocchi, PN.; Calandri, EL.; Cervilla, NS.; Gianna, V.; Gúzman, CA.; Miranda, VP.; Montoya, PA.; Mufari, JR. 2015. Aprovechamiento integral del grano de quinua, aspectos tecnológicos, fisicoquímicos, nutricionales y sensoriales. Memoria. Grano de quinua, valor nutritivo. (1,2015, Córdoba, Argentina.) Córdoba, Argentina. 238 p.

- Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF and IFAD. 2013. Descriptors for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and wild relatives. Rome, Italy. ISBN: 978-92-9043-948-6. 60 pp.
- Bonifacio, A.; Espíndola. 1996 Catálogo de variedades mejoradas de quinua y recomendación para producción y uso de semilla certificadas. Publicación conjunta IBTA/Dirección Nacional de Semilla. La Paz – Bolivia. 57 pp.
- Bonifacio, A. 1997. Mejoramiento de la quinua para resistencia a factores adversos en Bolivia. In: primer taller de PREDUZA en resistencia duradera en cultivos altos en la zona andina. Daniel Danial (ed.). Proyecto de Resistencia Duradera en la Zona Andina, PREDUZA. Quito, EC. 75-78 p.
- Bonifacio, A. 2006. El futuro de los productos andinos en la región alta y valles centrales de los andes. Granos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Perú. ONUDI, Subdivisión de Promoción de Inversión y Tecnología. 32 p.
- Bonifacio, A.; Aroni, G.; Villca, M. 2012. Catálogo etnobotánico de la quinua real (en línea). Cochabamba. PROINPA. 6,8 p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://www.proinpa.org/tic/pdf/Quinua/Variedades%20de%20quinua/pdf33.pdf>
- Bonifacio, A. y López, T. 2013. Selección y evaluación de quinua roja y negra. Avances de investigaciones científicas en celebración del año internacional de la quinua. IN: Del Castillo, C y Bosque, H. (Coord. Ed.). Avances de investigaciones científicas en celebración del año internacional de la quinua. Facultad de Agronomía – UMSA. La Paz, Bolivia. p. 22.
- Bonifacio, A. 2013. Manual técnico producción de la quinua en el altiplano boliviano: la siembra. Del Castillo, C; Bosque, H; Bonifacio, A (Coord. Ed.). Documento técnico final en conmemoración al Año Internacional de la Quinua. Facultad de Agronomía-UMSA. La Paz, Bolivia. 57 p.
- Bonifacio A., L. Gómez-Pando, y W. Rojas. 2014. Mejoramiento genético de la quinua y el desarrollo de variedades modernas. Capítulo 2.5. En: BAZILE D. et al., (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): 203-226 p.
- Bonifacio, A.; Vargas, A.; Mamani, M. 2015. Uso de variedades de quinua y semilla de calidad. Cochabamba, Bolivia. 43 p. En: Fundación PROINPA. Informe Compendio 2011-2014.
- Blanco, M. H. 2009. Participación comunitaria en la evaluación de las características agronómicas de variedades y líneas mejoradas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Quime – La Paz (en línea). Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 30 p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5311/T-1300.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Calle, S L. 2016. Evaluación de características comerciales del grano de quinua roja (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el centro K'iphak'iphani, Provincia Ingavi (en línea). Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 30 p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8287/T2255.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrasco, ChF. 2016. Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli (en línea). 38 p. Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2219-71682016000200004&lng=es&tlng=es.
- Cervilla, N; Miranda, VP. 2015. Aprovechamiento integral del grano de quinua, aspectos tecnológicos, fisicoquímicos, nutricionales y sensoriales. *In* Grasso, VF (ed.). Grano de quinua, valor nutritivo. Córdoba, Argentina. 27 p.
- Cogliatti, M. y Heter, D. 2016. Perspectivas de producción de quinua en la región agrícola del centro de la provincia de Buenos Aires. Argentina: CIISAS-CIBA-CONICENT-UNCPBA. 81 p.
- Costa Tartar, SM; Manifesto, MM; Bramardi, SJ; Bertero, HD. 2012. Genetic structure in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), a reflection of landscape structure in Northwest Argentina (online). *Conservation Genetics* 13:1027–1038 p. Retrieved 30 Nov. 2019. Available in https://www.researchgate.net/publication/241686428_Genetic_structure_in_cultivated_quinoa_Chenopodium_quinoa_Willd_a_reflection_of_landscape_structure_in_Northwest_Argentina
- Couso, MG.; Moralejo, RA.; Giovannetti, MA.; del Papa, LM.; Páez, MC. 2011. Inka occupation of enclosure 1- Kancha II, at El Shincal de Quimivil (Catamarca, Argentina) (en línea). *Quaternary International*. 245: 159-169 Consultado 25 de jul. 2020. Disponible en DOI:10.1016/j.quaint.2010.12.028
- Chevarria-Lazoa, M; Bazileb, D; Dessauw, D; Louafid, S; Trommetter, M; Hocde, H. 2014. Systems governing the exchange of genetic resources: importance for access, circulation and innovation in the case of quinoa.1.6. IN: BAZILE D. et al. (eds.), "State of the Art of Quinoa in the World in 2013": FAO (Santiago de Chile) and CIRAD. Montpellier, France. 100, 102, 104 p.
- Choi, Y-J; Danielsen, S; Lübeck, M; Hong, S-B; Delhey, R; Shin, H-D. (2010). Morphological and Molecular Characterization of the Causal Agent of Downy Mildew on Quinoa (*Chenopodium quinoa*) (online). *Mycopathology*. 169, 2 p. Retrieved 30 Nov. 2019. Available in https://www.researchgate.net/publication/41139829_Morphological_and_Molecular_Characterization_of_the_Causal_Agent_of_Downy_Mildew_on_Quinoa_Chenopodium_quinoa

- Danielsen, S., & Ames, T. 2001. El mildiu de la quinua en la zona andina (en línea). 3-7 p. Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/303942286>
- Daza, R; Pereyra, P; Burin, D; Heras, Al. 2015. Quinua regalo ancestral: historia, contexto, tecnología, políticas. Ediciones Fundación Nueva Gestión. Palpalá. Jujuy, Argentina. 130 p.
- Del Castillo, GC; Winkel, T. 2014. Variación fenotípica intra- e inter-poblaciones en siete poblaciones de quinua del altiplano boliviano (en línea). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 1(1), 58 p. Consultado en 31 de nov. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S240916182014000100008&lng=es&tlng=es.
- Esperanza Bolivia. 2013. Recetario con quinua: Seguridad alimentaria nutricional en municipios de Tarija y Chuquisaca. Louvan cooperation. Tarija, Bolivia. Esperanza Bolivia. Proyecto Quinua y apoyo de la gerencia de programas de salud integral. 24 p.
- Fairlie, R A. 2016. La quinua en el Perú: cadena exportadora y políticas de gestión ambiental. (1a ed.). INTEPUCP. (Cuadernos de investigación kawsaypacha). Lima, Perú. 19 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2011. La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial: informe de 2011. 58 p.
- Ferreira, L. L. 2016. Quinua andina: guía de exhibición. un futuro sembrado hace miles de años. La Paz, Bolivia. 27 p.
- Forbes, G; Pérez, W; Andrade Piedra, J. 2014. Procedimiento para evaluación estándar y manejo de datos de clones avanzados de papa. Modulo 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). 15-18 p.
- Gabriel, J; Luna, N; Vargas, A; Magne, J; Angulo, A; La Torre, J; Bonifacio, A. 2012. Quinua de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.) (en línea). Journal of the Selva Andina Research Society, 3(2), 40p. Consultado 25 de jul. 2020. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207292942012000200004&lng=es&tlng=es
- Gandarillas, A; Saravia, R; Plata, G; Quispe, R; Ortiz-Romero, R. 2014. Principales plagas y enfermedades de la quinua. 2.6. IN: BAZILE D. et al. (eds.), "Estado del arte de

- la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD. Montpellier, Francia. 244-247, 251 p.
- Garrido, VS. 1994. Interpretación de análisis de suelos: Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. España. 40 p.
- Gómez, PL y Aguilar, CE. 2016. Guía de cultivo de la quinua: manejo de enfermedades y plagas. Universidad Nacional Agraria de La Molina (ed.). Programa de Investigación y Poyección Social de Cereales y Granos Nativos Facultad de Agronomía. FAO. Lima, Perú. 3-4, 63-64 p.
- González, A. s.f.. La quinua el grano dorado de los andes y su importancia socioeconómica en Bolivia (en línea, sitio web). Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cultivos%20Andinos/Quinua/Bibliografia%20Quinua/3%20COMERCIALIZACION/PROMOCION%20del%20CULTIVO/Importancia%20Socio%20economica%20de%20la%20Quinua.pdf>
- Guarniz, BJ; Valdez, AJ. 2019. Identificación morfológica de hongos micotoxigénicos en accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa Wild.*) de la costa y sierra peruana (en línea). Scientia Agropecuaria 10(3): 327 p. Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172019000300002&script=sci_arttext
- Gutierrez, CM. 2013. Determinación del umbral y nivel de daño económico de polilla (*Eurysacca quinoae*) en quinua en la comunidad de Iñacamaya, del altiplano central (en línea). Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 64 p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4033/T1855.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Henriquez, P. 2002. Glosario de términos útiles en el manejo de recursos fitogenéticos. REMERFI-IICA, San Salvador, El Salvador. 80 p.
- Huanca, L. M. 2008. Evaluación del comportamiento agronómico de nueve líneas precoces de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en el altiplano Central Provincia Ingavi. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 64 p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4693/TS1277.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Herrera, SM; Delfino, I; Oliva, MI. 2013. La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), un tesoro andino para el mundo (en línea). Idesia (Arica). 31(2):111 p. Consultado en 31 de nov. 2019. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S07183429201300020017

- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. El mercado y la producción de quinua en el Perú. IICA. Lima. Perú. 172p.
- INIA (Innovación Agraria en Cultivos Andinos). 2013. Cultivo de quinua (*Chenopodium quinpa* Willd.) en la región de cuzco: ¿qué tipos de suelos necesita la quinua? (en línea). EEA ANDENES CUSCO-Gobierno Regional Cusco. Cusco, Perú. 16, 17-20 p. Programa Nacional de Innovación Agraria en Cultivos Andinos del INIA. Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/108/1/Quinoa_Cusco_2013.pdf
- ITIS (Integrated Taxonomic Information System). 2020. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) (online). Retrieved 31 Jan. 2020. Available in https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506567#null
- Jacobsen, S.-E.; Mujica, A.; Ortiz, R. 2013. Importancia de los cultivos andinos (en línea). Fermentum Revista Venezolana de Sociología y Antropología. 13(36):16. Consultado 25 de jul. 2020. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/705/70503603.pdf>
- Jaldín, Q J. 2011. Producción de quinua en Oruro y Potosí: breve reseña histórica. Programa de Investigación Estrategica en Bolivia. Programa de Investigación Ambiental: Fundación PIEB. La Paz, Bolivia. 12 p.
- Jellen, NE; Maughan, JP; Fuentes, F; Kolano, AB. 2014. Botánica, filogenia y evolución 1.1. IN: BAZILE D. et al. (eds.), "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD. Montpellier, Francia. 12-16 p.
- Leon, TB; Ortiz, CN; Condori, TN y Chura, YE. 2018. Cepas de Trichoderma con capacidad endofítica sobre el control del mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum.) y mejora del rendimiento de quinua. Revista de Investigaciones Altoandinas, 20(1):30 p. Consultado 25 de jul. 2020. Disponible en <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.327>
- Maluenda, G. J. 2014. ¿Qué es quinoa? (en línea). Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en <https://docplayer.es/16214443-Que-es-la-quinoa-ma-jose-maluenda-garcia-ingeniero-tecnico-agricola.html>
- Mamani, F. 2013. Manual técnico producción de la quinua en el altiplano boliviano: plagas y enfermedades de la quinua. Del Castillo, C; Bosque, H; Bonifacio, A (Coord. Ed.). Documento técnico final en conmemoración al Año Internacional de la Quinoa. Facultad de Agronomía-UMSA. La Paz, Bolivia. 43 p.
- Marca, VS; Espinoza, P; Poblete, VA. 2015. Multiplicación de semilla de variedades y ecotipos de quinua en valle de Majes-Arequipa (en línea). Revista de Investigación Altoandina 7(3):358 p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5294148>

- Medrano, P. A. 2018. Evaluación del comportamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con aplicación localizada con diferentes niveles de estiércol semi-descompuesto (en línea). Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 64-65 p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/17120/T2518.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mercado, W; Ubillus, K. 2017. Characterization of producers and quinoa supply chains in the Peruvian regions of Puno and Junin (online, website). *Scientia Agropecuaria* 8:251 p. Consulted on 31 Jan. 2020. Available in https://www.researchgate.net/publication/320185371_Characterization_of_producers_and_quinoa_supply_chains_in_the_Peruvian_regions_of_Puno_and_Junin
- MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras - Estado Plurinacional de Bolivia). 2011. Políticas de la ley No. 144 revolución productiva comunitaria agropecuaria (en línea, sitio web). Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <http://www.observatorioagro.gob.bo/index.php?variable=6>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2019. Quinoa un futuro sembrado hace miles de años, memoria del año internacional de la quinua en el Perú: quinua peruana, un alimento para el mundo. (1ra ed.). Santillana S.A. Lima-Perú: 28 p.
- Montes, RC; Burbano, CG; Muñoz, CE; Calderon, Yy. 2018. Description of phenological cycle of four ecotypes of (*Chenopodium quinoa* Willd.), at Puracé – Cauca, Colombia (online). *Biotechnology in the Agricultural and Agroindustrial sector*. 16(2)28 p. Retrieved 25 Nov. 2019. Available in http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S169235612018000200026&lng=es&nrm=iso
- Montoya, JC. 2007. Estimación de consumo de quinua en ciudad de Oruro: situación actual. (2da. ed). Fundación AUDAPO (ed). Oruro-Bolivia. 12 p.
- Mujica, A.; Canahua, A. 1989. Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). En: Curso Taller, Fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Salcedo, INIAA, EEZA-ILLPA, PICA, PISA. Puno, Perú. 23-27 p.
- Mujica, A; Jacobsen, SE; Izquierdo, J; Marathee, JP. 2001. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro (en línea). Mujica *et al.* (eds.). FAO. Santiago de Chile. p. Consultado en 25 de nov. 2019. Disponible en <https://www.ciq.org.bo/images/recursosInformacion/repositorioDigital/16%20LIBRO%20Quinoa-ancestral-cultivo-de-los-andes-r-miranda.pdf>
- Mujica, A. 2004. La quínoa indígena, características e historia. In: La Kinwa Mapuche, Recuperación de un Cultivo para la Alimentación. J. Sepúlveda, M. Thomet I., P.

- Palazuelos F. & A. Mujica (eds.) Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura. Temuco, Chile 22 p.
- Mujica, A. s.f.. El origen de la quínoa y la historia de su domesticación. Especial Quinoa, Tierra Adentro 15-17 p.
- Nogales, MT; Thellaeche, J; Silva, G. 2015. Quinoa y el altiplano sur: producción y seguridad alimentaria. María Teresa Nogales, Fundación Alternativas. Cultivando Comunidades y HIVOS Programa Alimentos Verdes y Paisajes Productivos. La Paz, Bolivia. 30 p.
- Leon, TB; Ortíz, NC; Condori, TN; Chura, YE. (2018). Cepas de Trichoderma con capacidad endofítica sobre el control del mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum.) y mejora del rendimiento de quinua (en línea). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(1), 19-30. Consultado en 31 de nov. 2019. Disponible en <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.327>
- Palao, IL; Canaza-Cayo, WA; Beltrán, BP. 201. Producción agroecológica de ecotipos de quinua de colores (*Chenopodium quinoa Willd.*) con microorganismos eficaces (en línea). *Revista de Investigación Altoandina* 21(3):174 p. Consultado el 25 de ene. 2020. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572019000300003&script=sci_abstract
- PIA-ACC (Proyecto de Investigación Aplicada para la Adaptación del Cambio Climático). 2019. Metodologías de los umbrales de daño por cultivo de papa y quinua en las comunidades de Sevaruyo, Orinoca, Toledo, Tiahuanacu Corque y CEAC (en línea). Consultado en 30 de ene. 2020. Disponible en <http://dicyt.uto.edu.bo/observatorio/wp-content/uploads/2019/04/Libro-umbrales-climatico-da%C3%B1o-cultivos.pdf>
- Pinto, M; 2010. Granos andinos, avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia: tecnología del cultivo de granos andinos (en línea). In Rojas, W; Pinto, M; Jäger, M; Padulosi, S (eds.). Bioversity International es el nombre bajo el cual opera el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) (en línea). Bioversity International. Roma, Italia. 115 p. Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en <https://www.proinpa.org/tic/pdf/Quinoa/Varios%20quinua/pdf35.pdf>
- Porta, J; López-Acevedo; Roquero, C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensas. Madrid, España. 45 p.
- Puerta R. 2005. Diseños experimentales manual de ejercicios. UMSA-Facultad de Agronomía 32 p.
- Planella, MT; López, ML; Bruno, MC. 2014. La domesticación y distribución prehistórica.1.3. IN: BAZILE D. et al. (eds.), "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD. Montpellier, Francia. 33-35 p.

- Plata, G; Testen, A; Backman, P. 2013. Evaluación de poblaciones de *Peronospora variabilis* en los valles de Bolivia (diapositiva). IV Congreso mundial de la quinua y simposio internacional de Granos Andinos. Ibarra, Ecuador. 7 p.
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal). 2016. Gobierno autónomo municipal de Viacha primera sección – Provincia Ingavi (en línea, sitio web). 17 p. Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en <http://autonomias.gobernacionlapaz.com/sim/municipio/pdm/viacha2012-2016.pdf>
- PTDI (Plan Territorial de Desarrollo Integral). 2020. Gobierno autónomo municipal de Viacha primera sección – Provincia Ingavi (en línea, sitio web). 36-37 p. Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en http://www.viacha.gob.bo/uploads/documento/ptdi---gamv_425a51c1a635045.pdf
- PROINPA (Promoción e investigación de Productos Andinos) s.f.a Catálogo de quinua Real. (en línea). Consultado en 10 de ene. 2020. Disponible en <http://www.proinpa.org/tic/pdf/Quinua/Variedades%20de%20quinua/pdf34.pdf>
- PROINPA (Promoción e investigación de Productos Andinos) s.f.b Variedad “quinua JACHA GRANO”. (en línea). Consultado en 10 de ene. 2020. Disponible en <http://www.proinpa.org/tic/pdf/Quinua/Variedades%20de%20quinua/Variedad%20de%20quinua%20Jacha%20grano.pdf>
- PROINPA (Promoción e investigación de Productos Andinos), 2005. Módulo 2: Manejo Agronómico de la Quinua Orgánica. Fascículo 2: Manejo de semilla. La Paz – Bolivia. Ed. Fundación PROINPA. 41 p.
- Quispe, RN. 2021. Evaluación De La Resistencia Al Mildiu En Genotipos De Quinua Generación M3, Provenientes De Semilla Irradiada Con Rayos Gamma Co-60. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 62p
- Repo-Carrasco, R.; Espinoza, C.; Jacobsen, S.-E. 2003. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) (online). FOOD REVIEWS INTERNATIONAL Royal Veterinary and Agricultural University, Department of Agricultural Sciences, Højbakkaard Alle Taastrup. 19(1-2):180 p. Retrieved Jul. 30 2020. Available in <https://core.ac.uk/download/pdf/48035029.pdf>
- Repo de Carrasco, R; Encina, ChR. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*) (en línea). Revista de la Sociedad Química del Perú, 74(2), 86 p. Consultado en 31 de nov. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810634X2008000200002&lng=es&tlng=es.

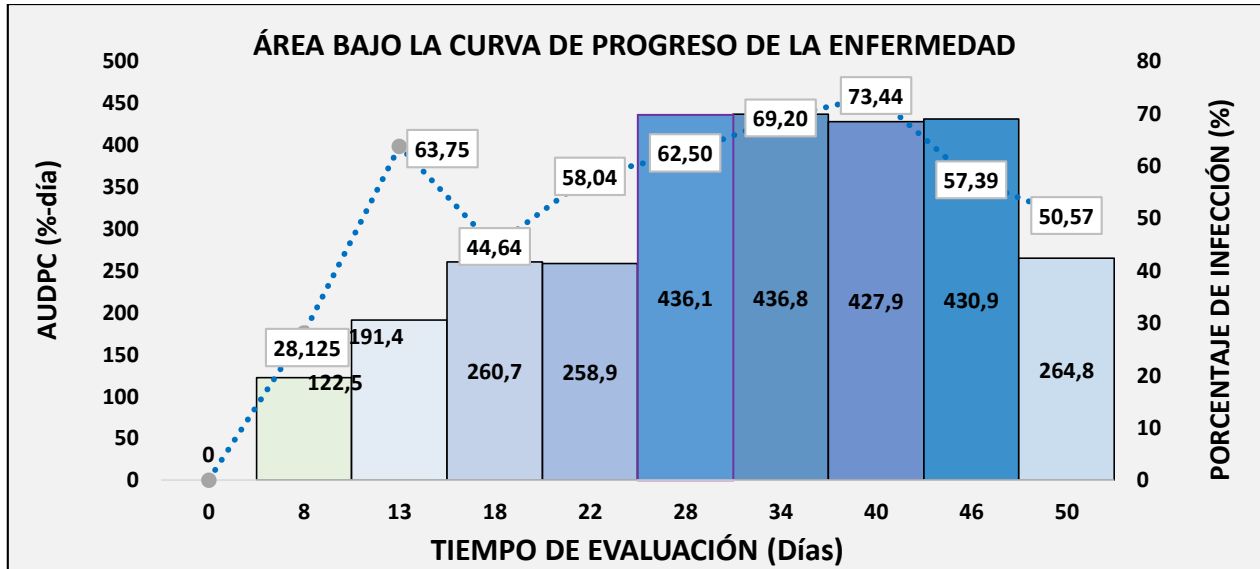
- Reynaga, A; Quispe, M; Huarachi, A.; Calderón, I; Soto, J; Torrez, M., 2011. Caracterización física – química de trece ecotipos de quinua real del altiplano sur de Bolivia con fines agroindustriales. Convenio UMSA, Facultad Técnica, Carrera Química Industrial – Cooperación Sueca ASDI/SAREC. La Paz, Bolivia. 98 p.
- Risco, AM. 2014. Severidad de *Peronospora variabilis* Gäum. en *Chenopodium quinoa* Willd. 'Pasankalla' como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes. Tesis de grado. Universidad Agraria de la Molina. Lima, Perú. 92 p.
- Risco, A.; Mattos, L. 2015. Severidad de *Peronospora variabilis* Gaum en *Chenopodium quinoa* Willd. 'Pasankalla' como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes. Lima, Perú. 382-392 p.
- Rojas, W. 2003. Análisis multivariado de la diversidad genética del germoplasma de quinua boliviano (en línea). Food Reviews International. 1 p. Consultado en 30 de mar. 2020. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/FRI-120018864?scroll=top&needAccess=true>
- Rojas, W. Alandia G; Irigoyen J y Blajos J. 2011. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y Agricultura, Caribe, 58 p.
- Rojas, W; Pinto, MA; Alanoca, C; Gómez, PL; León-lobos, P; Alercia, A; Diulgheroff, S; Padulosie, S; Bazile, D. 2014. Estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de quinua. 1.5. IN: BAZILE D. et al. (eds.), "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD. Montpellier, Francia. 66-68 p.
- Robles, R. 1991. Genética elemental y fitomejoramiento Práctico. Impreso en México. 263 pp.
- Romaní-Morón, MJ; Valdez-Arana, J. 2019. Efecto del cambio de hábitat en las características nutricionales y funcionales de 16 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivadas en la Costa Peruana (en línea). Scientia Agropecuaria 10(2): 294 p. Consultado en 31 de nov. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S207799172019000200016&script=sci_arttext
- Sandobal, BW. 2014. Una plaga afecta más de mil hectáreas de quinua en Lambayeque (en línea). EL Comercio, Lima, Perú; 16 de sep. Consultado en 30 de nov. 2019. Disponible en <https://elcomercio.pe/peru/lambayeque/plaga-afecta-mil-hectareas-quinua-lambayeque-364076-noticia/>
- Saravia, R; Plata, G; Gandarillas, A. 2014. Plagas y enfermedades del cultivo de quinua. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 148 p.

- Silva, RM. 2013. Producción, consumo y comercio de la quinua en Ecuador. “Memoria del seminario internacional, quinua: un aliado para la erradicación del hambre”: Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Montevideo – Uruguay. 36 p.
- Soto, JL; 2010. Andean grains, advances, achievements and experiences developed in quinoa, cañahua and amaranth in Bolivia: Andean grain cultivation technology (online). In Rojas, W; Pinto, M; Jäger, M; Padulosi, S (eds.). Bioversity International is the name under which the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) operates (online). Bioversity International. Rome, Italy. 115 p. Retrieved 30 Nov. 2019. Available in <https://www.proinpa.org/tic/pdf/Quinua/Varios%20quinua/pdf35.pdf>
- Tapia, M.; Gandarillas, H.; Alandia, S.; Cardozo, A.; Mujica, A. 1979. Quinua y la kaniwa: cultivos andinos. CuD. Oficina Regional para la América Latina, Bogotá, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba. 228 pp.
- Tapia, EM; Fries, AM. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos (en línea). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Consultado en 31 de ene. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/ai185s/ai185s00.htm>
- Veas. E. y Cortés, H. 2016. Manual del cultivo de quinua: cultivo ancestral como una alternativa eficiente para la adaptación de la agricultura al cambio climático. Jofré *et al.* (eds.). Proyecto Puente: Fortalecimiento y Desarrollo de Centros Regionales de Desarrollo Científico y Tecnológico 2016, que financia la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) al CEAZA. Caeza. Chile. 16,18,24 p.
- Vasquéz, VH. 2013. Viceministro de desarrollo rural y agropecuario de Bolivia. “Memoria del seminario internacional, quinua: un aliado para la erradicación del hambre” arte de la quinua en el mundo en 2013”: Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Montevideo – Uruguay. 19 p.
- Vidaurre-Ruiz, J M; Salas-Valerio, WF; Repo-Carrasco, VR. 2019. Propiedades de pasta y texturales de las mezclas de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) en un sistema acuoso (en línea). Revista de Investigaciones Altoandinas, 21(1), 5 p. Consultado en 31 de ene. 2020. Disponible en <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.441>
- Zapana, ZJ. 2010. Caracterización y evaluación agromorfológica de la colección núcleo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el centro Quipaquipani, provincia Ingavi .Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 99 p.

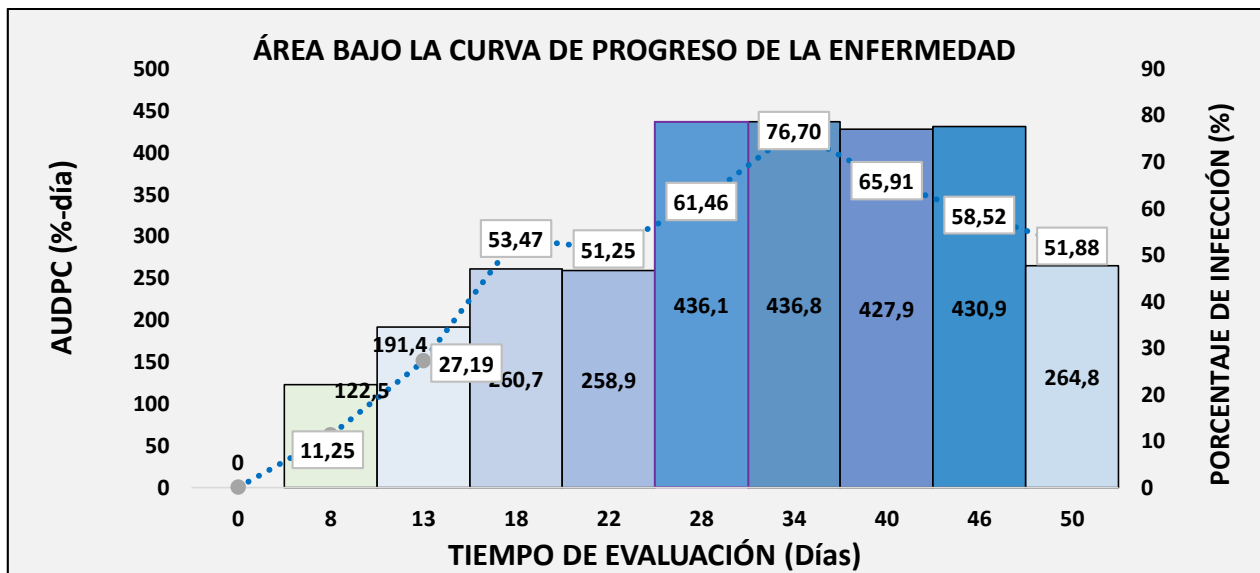
Zurita-Silva, A; Fuentes, F; Zamora, P; Jacobsen, S-E; Schwember, A. (2014). Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. *Molecular Breeding* (online, website). Retrieved 30 Nov. 2019. Available in https://www.researchgate.net/publication/259783129_Breeding_quinoa_Chenopodium_quinoa_Willd_Potential_and_perspectives

10. ANEXOS

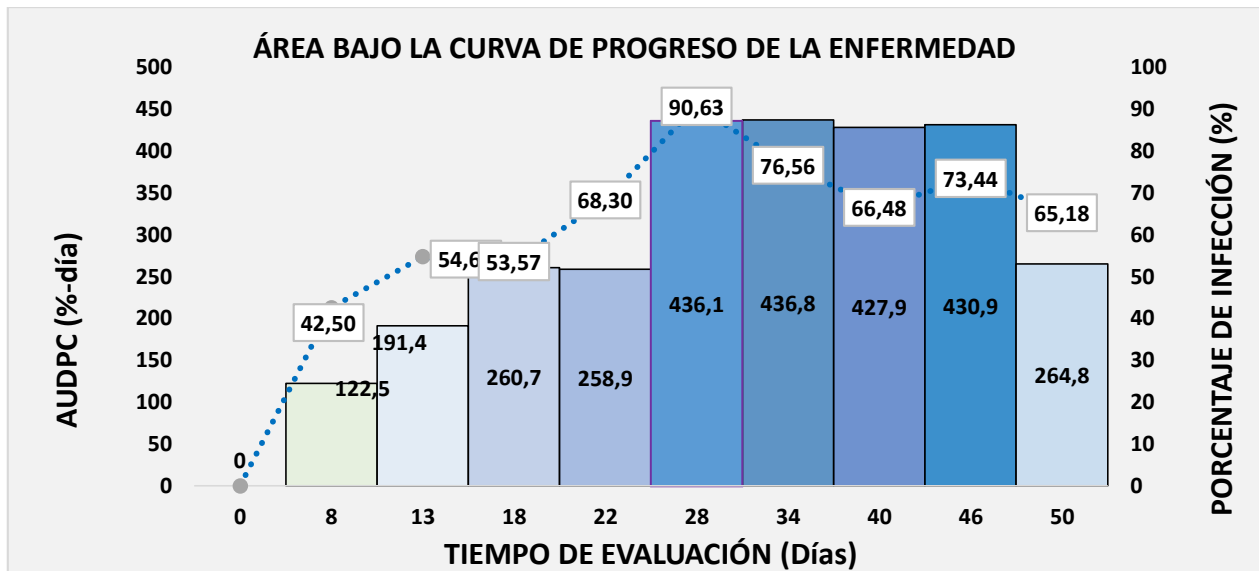
Anexo 1. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 1 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



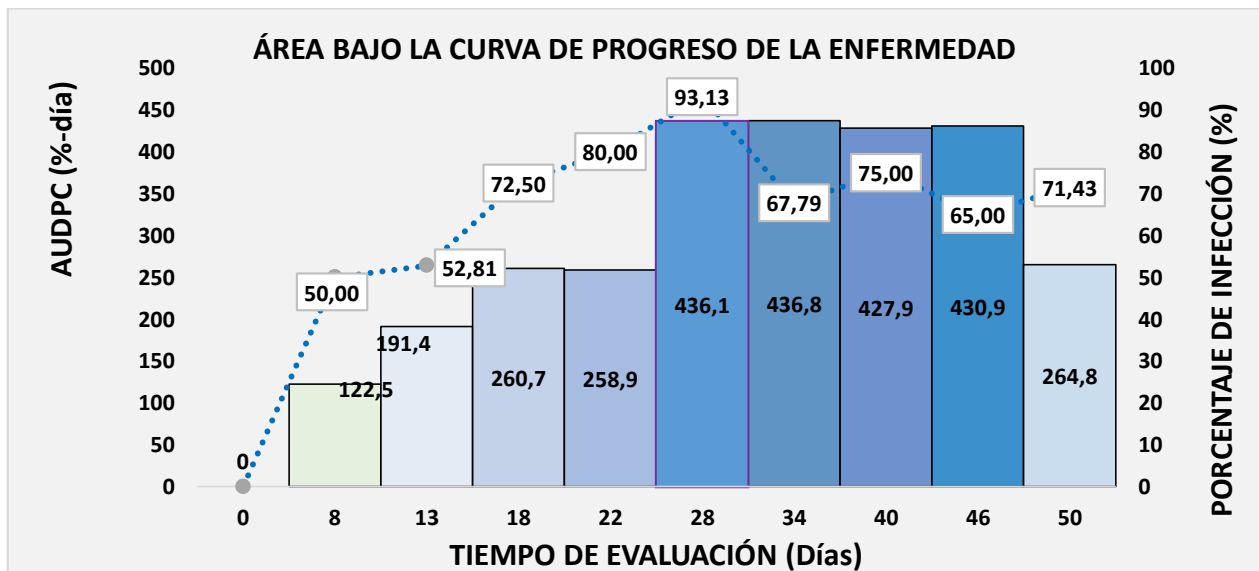
Anexo 2. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 3 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



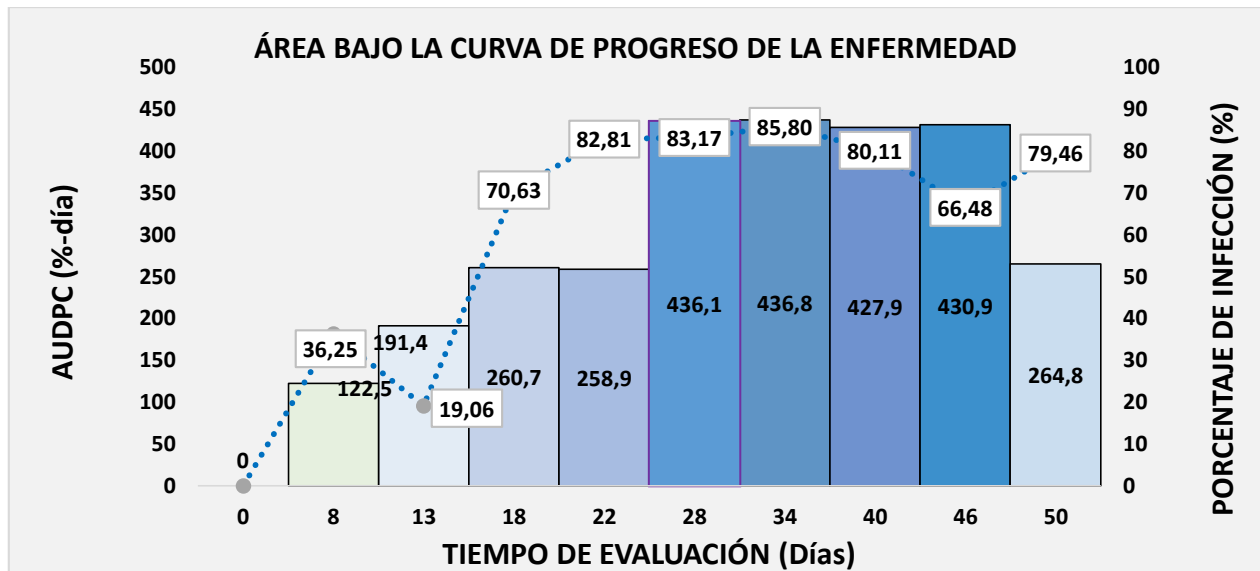
Anexo 3. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 5 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



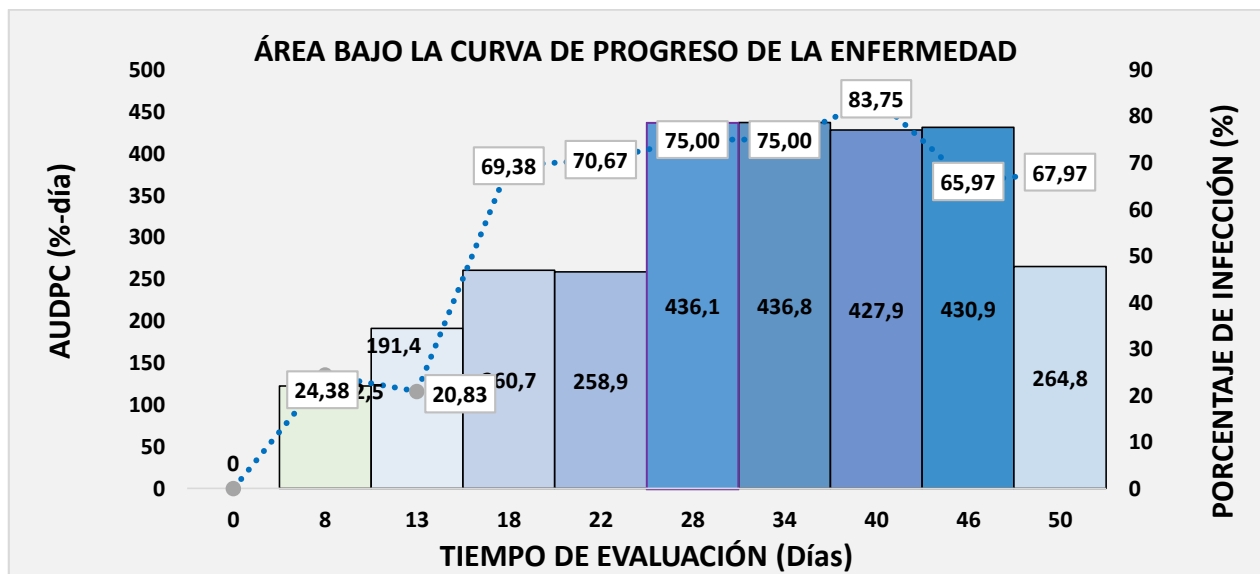
Anexo 4. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 6 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



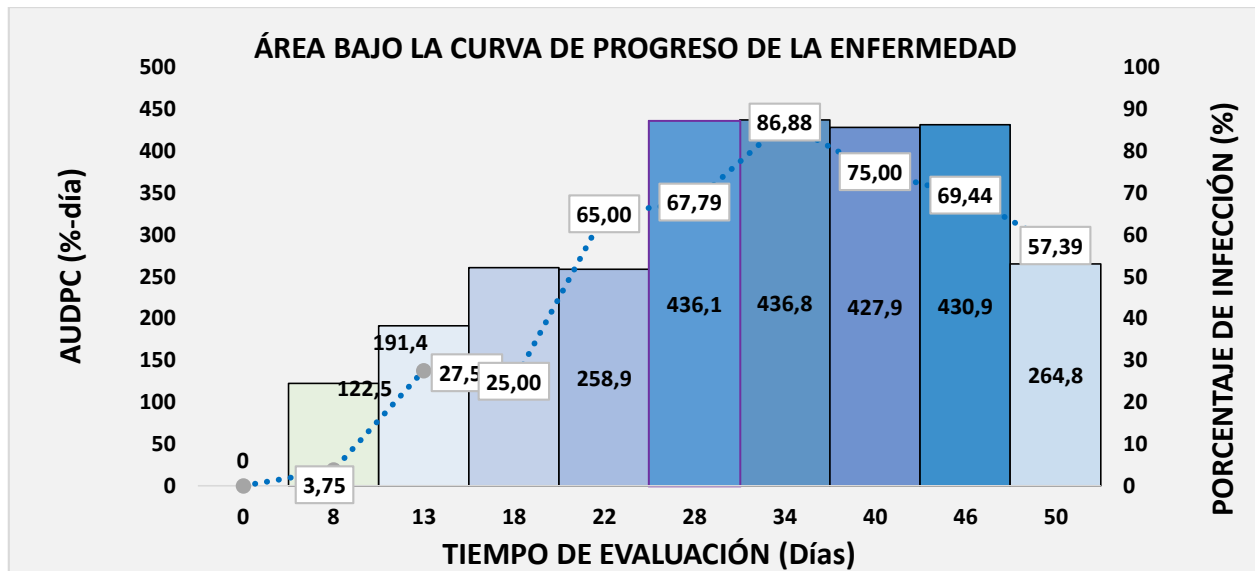
Anexo 5. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 7 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



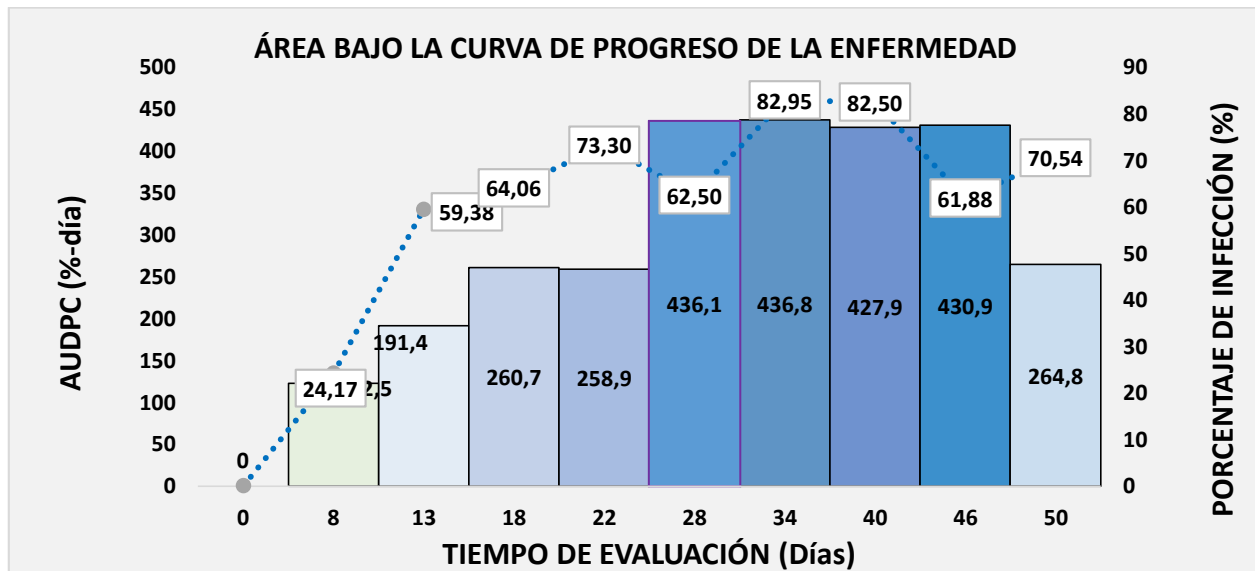
Anexo 6. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 8 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



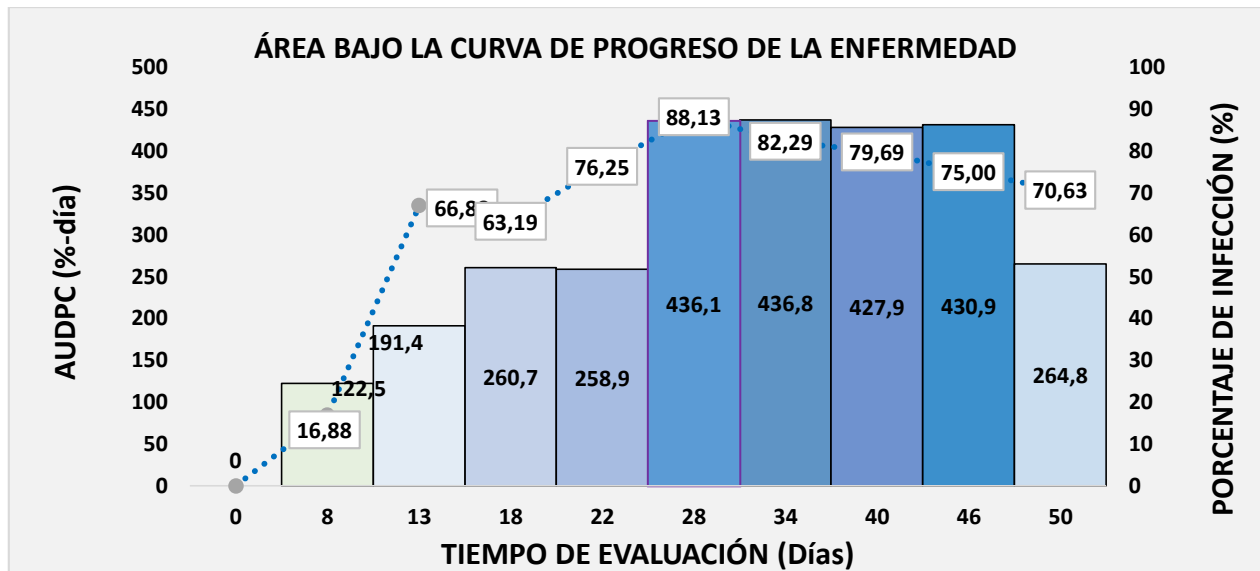
Anexo 7. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 9 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



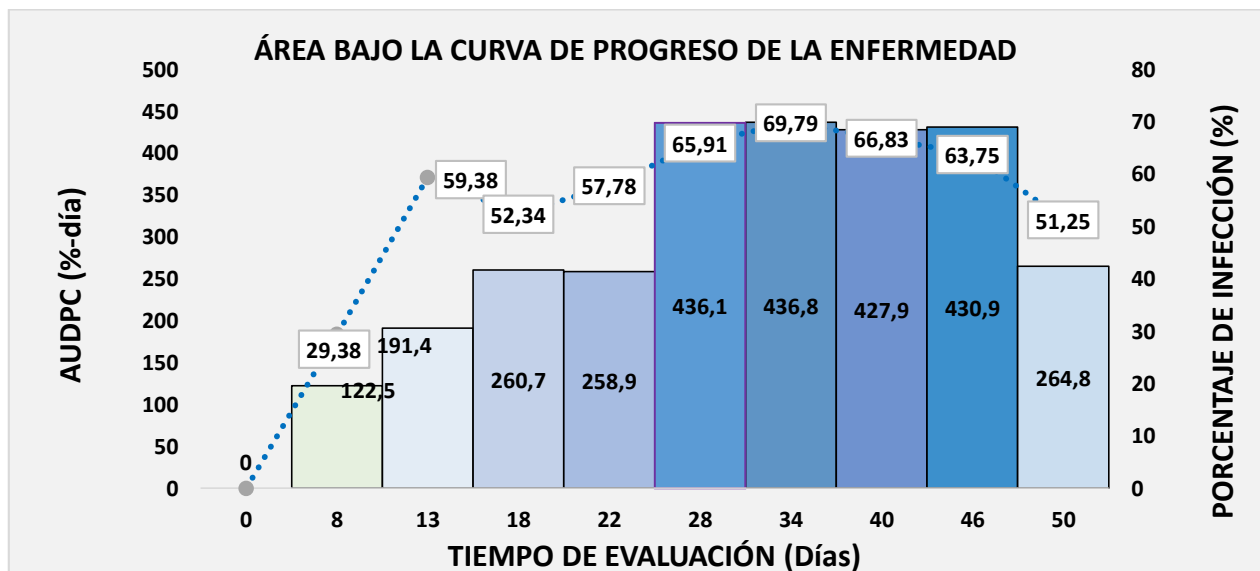
Anexo 8. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 10 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



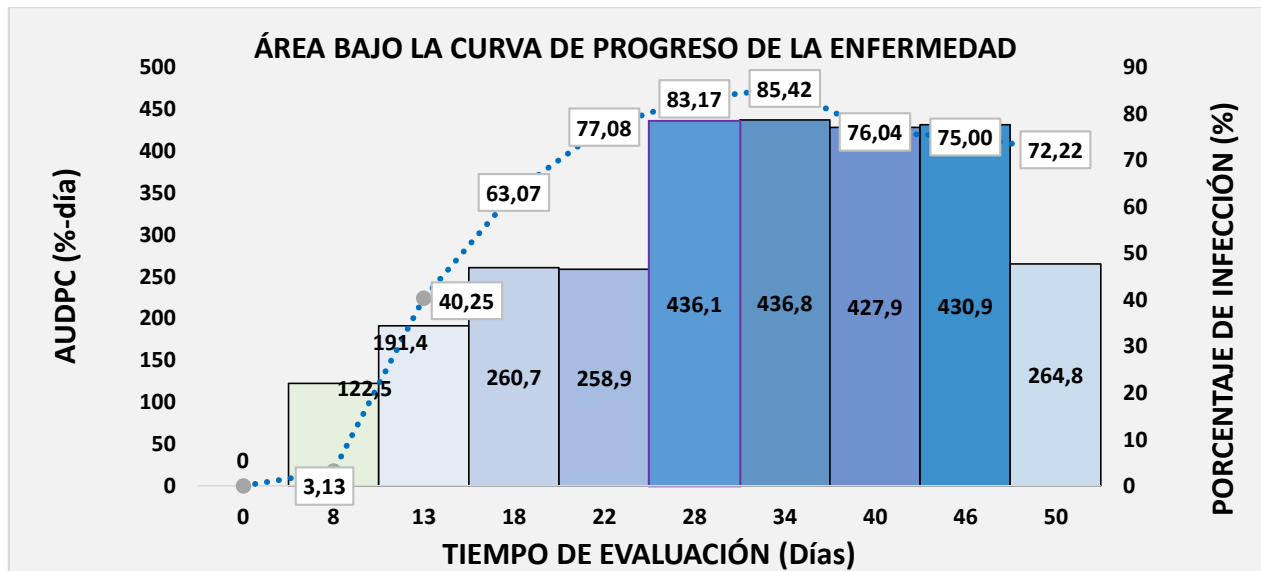
Anexo 9. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 11 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



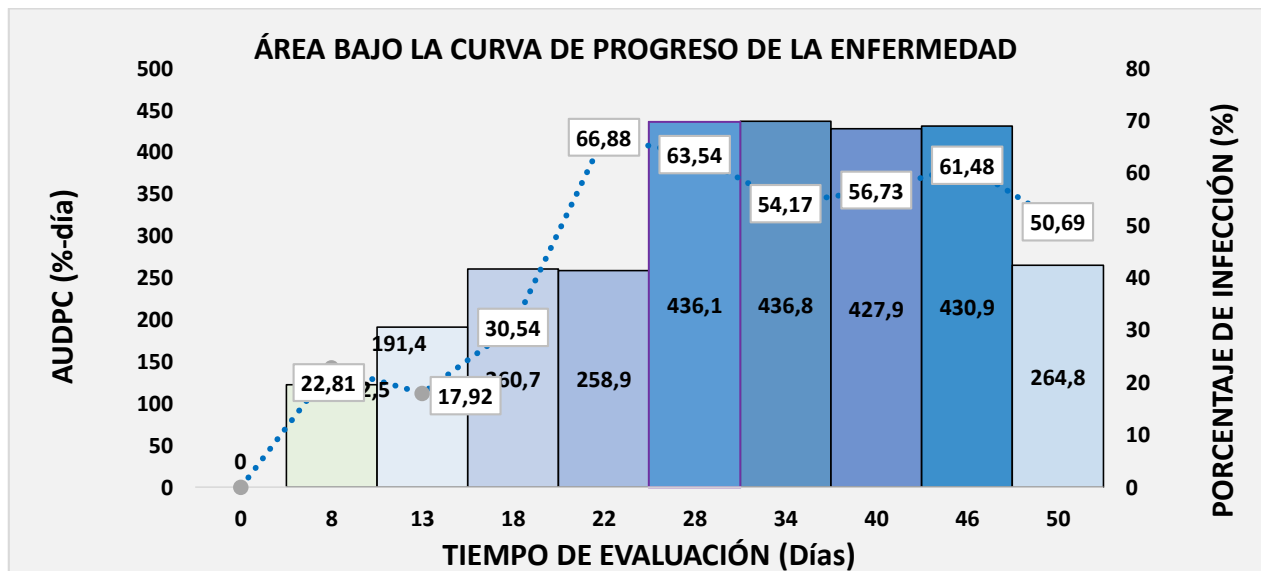
Anexo 10. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 12 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



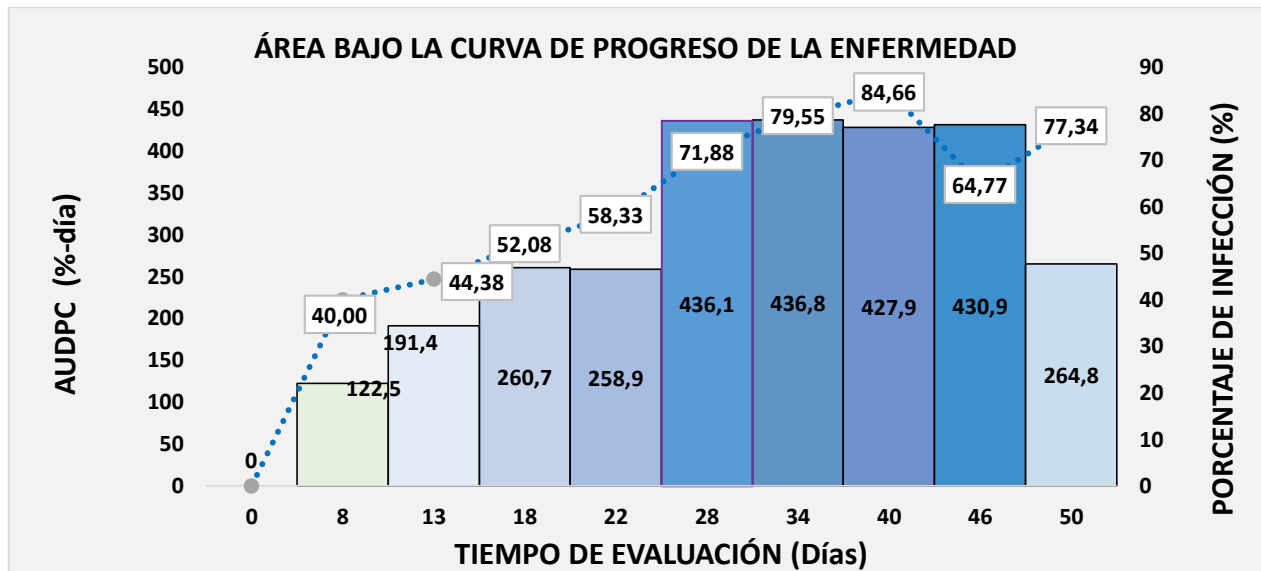
Anexo 11. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 14 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



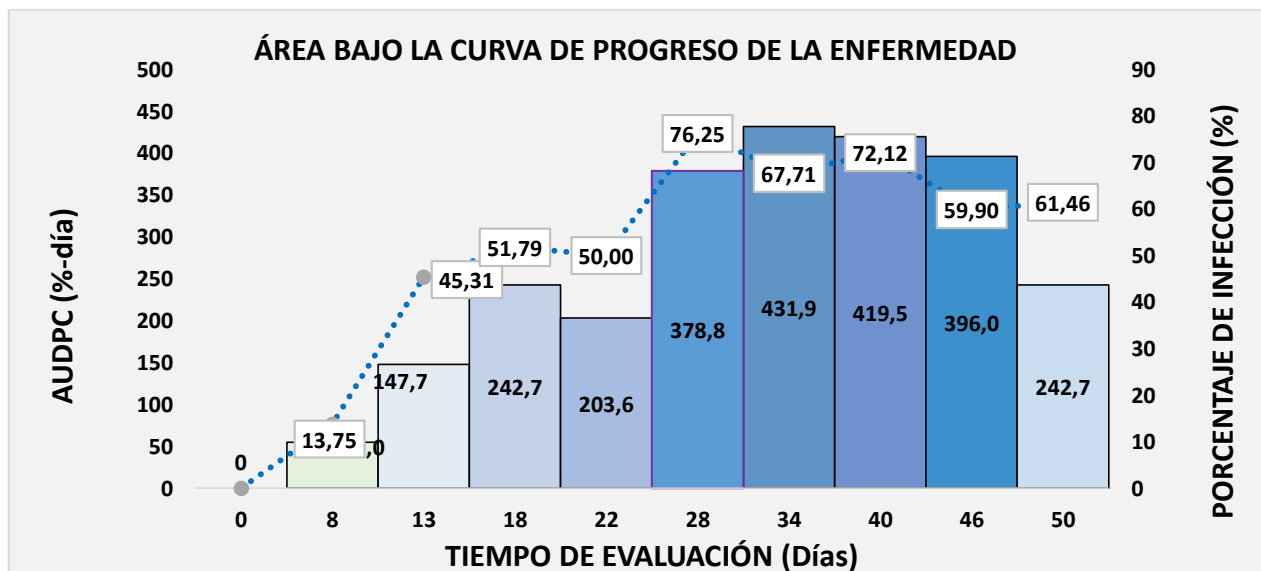
Anexo 12. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 15 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



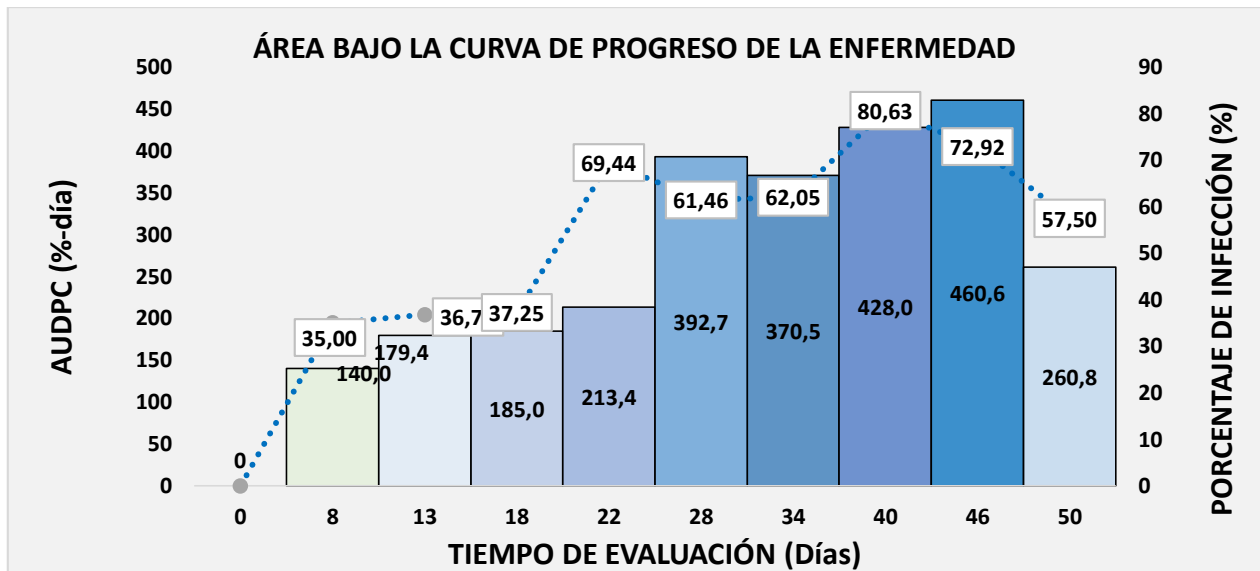
Anexo 13. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 16 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



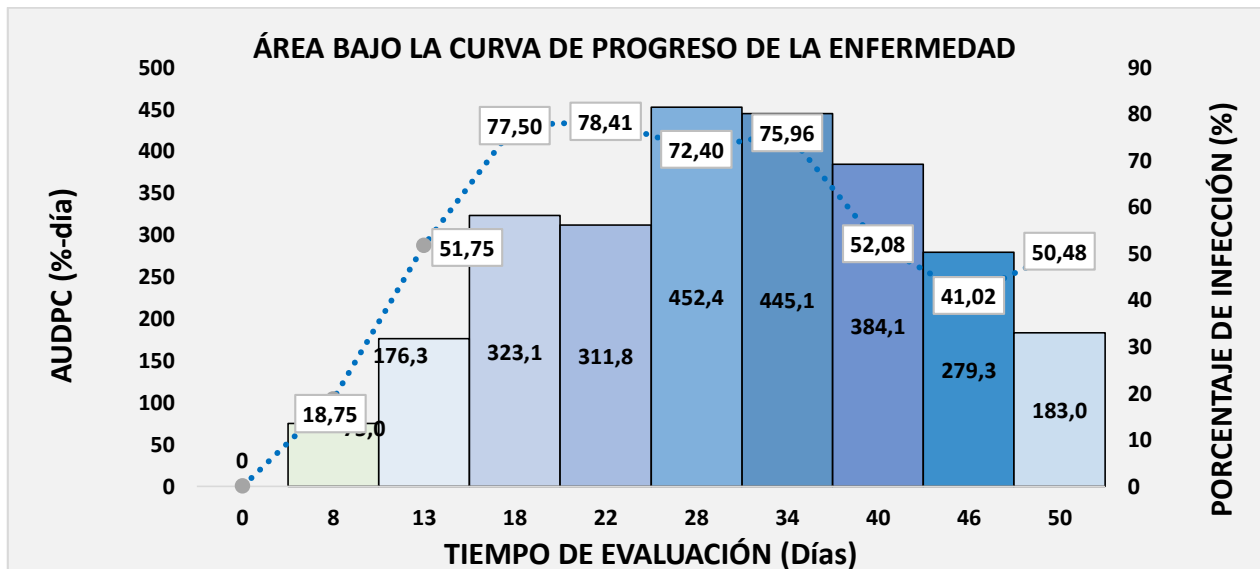
Anexo 14. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 18 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



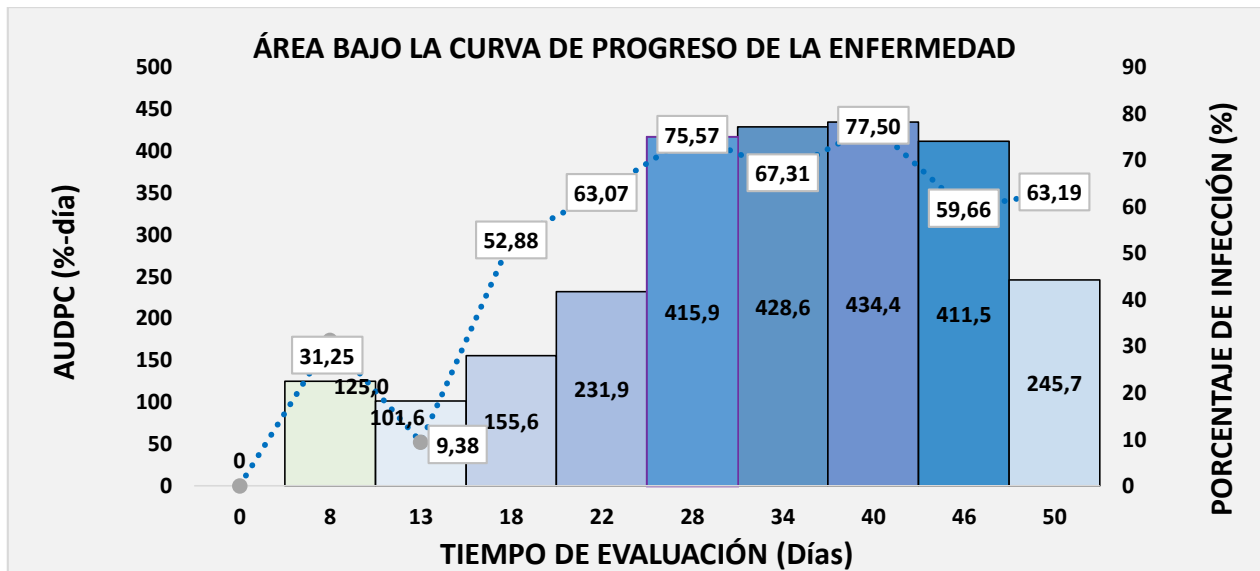
Anexo 15. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 19 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



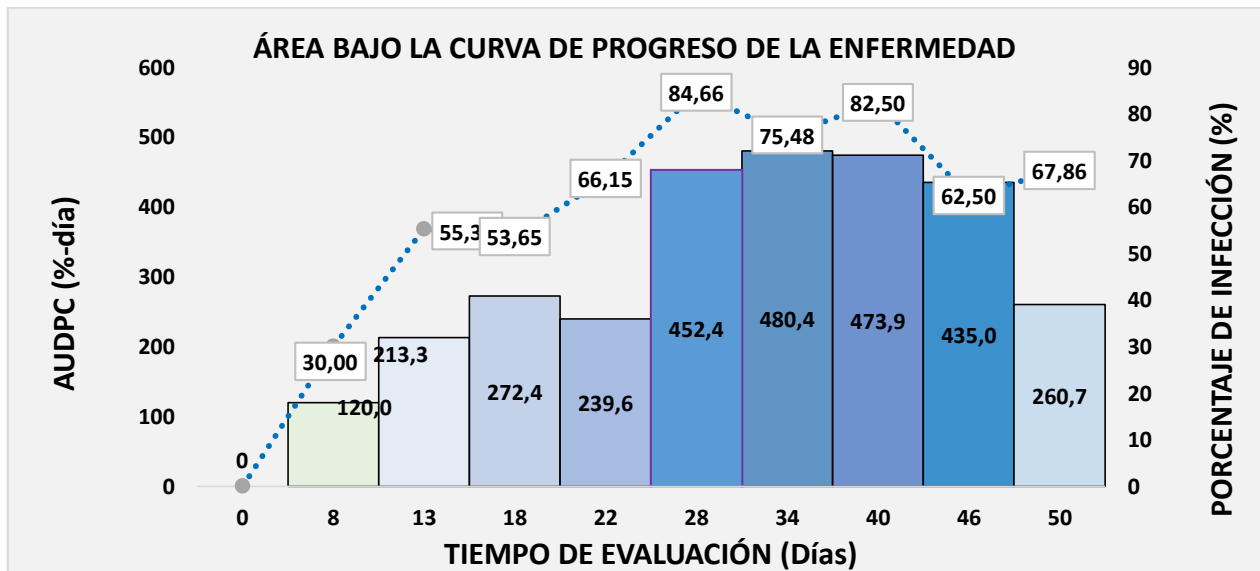
Anexo 16. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 20 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



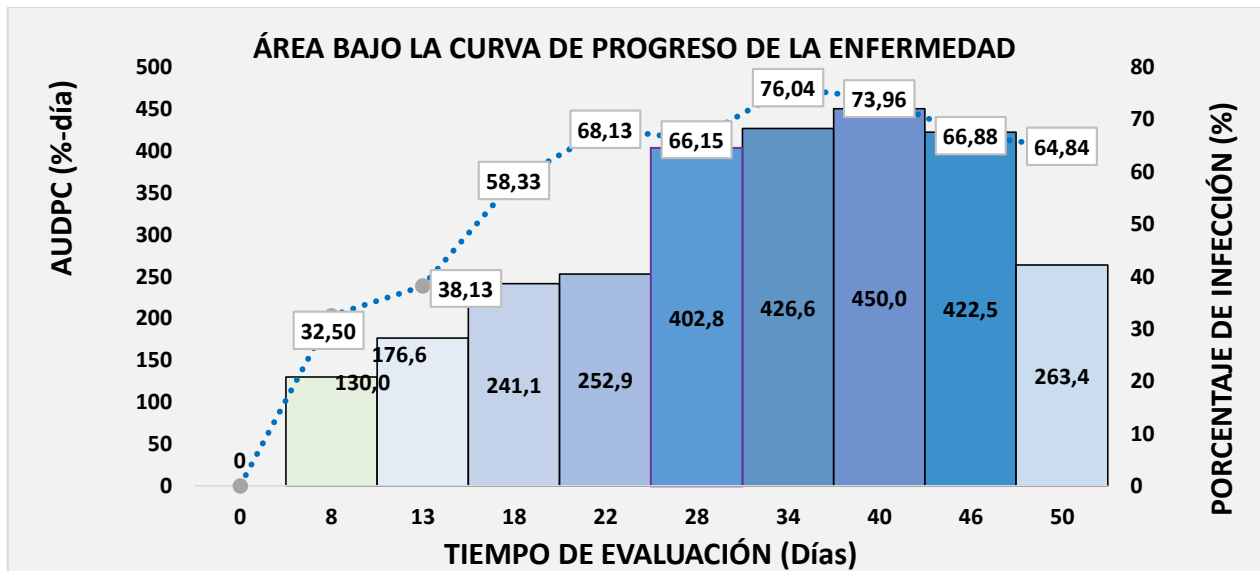
Anexo 17. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 21 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



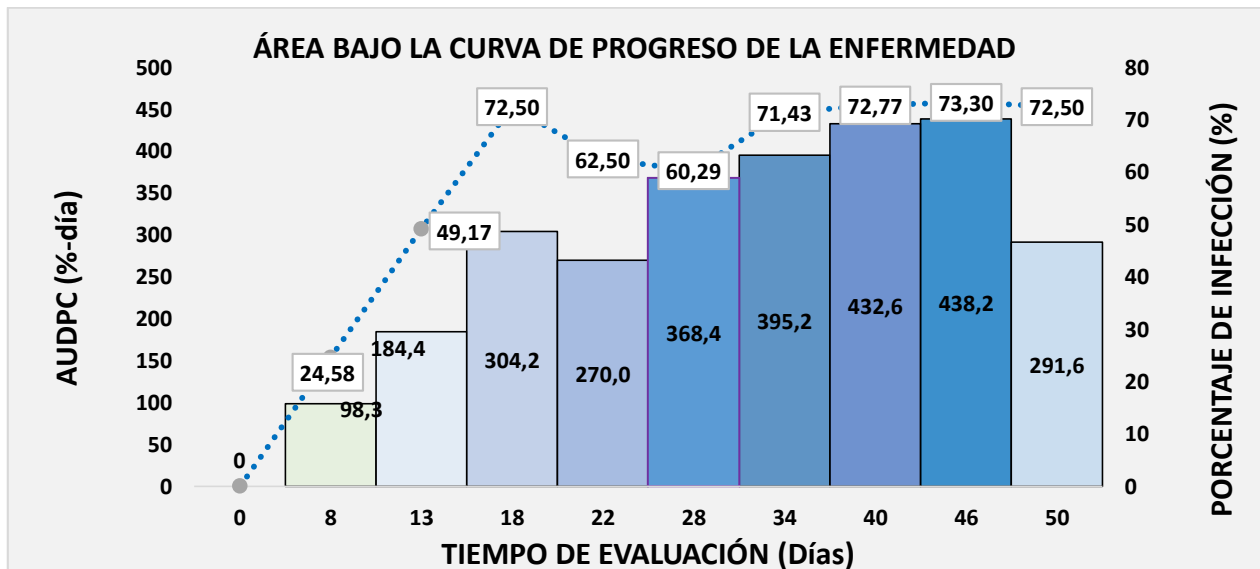
Anexo 18. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 22 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



Anexo 19. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 23 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



Anexo 20. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), en la línea 24 de quinua por la enfermedad del mildiu y su porcentaje de infección.



Anexo 21. Archivo fotográfico estudio: Evaluación de resistencia al mildiu (*Peronospora variabilis*) en líneas avanzadas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*)



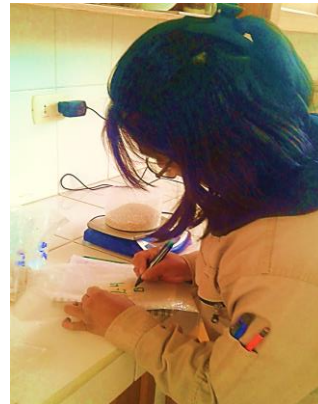
Fotografía 4. Aplicación de fertilizante foliar.



Fotografía 5. Medición de la altura de planta



Fotografía 6. Preparación de las muestras para su respectiva evaluación.



Fotografía 8. Peso de grano en la parte basal.



Fotografía 7. Análisis del peso hectolítrico.



Fotografía 9. Muestras analizadas en total 400.



Fotografía 10. Línea en plena fase de panojamiento.



Fotografía 11. Primeras muestras de presencia del mildiu.



Fotografía 12. Posible resistencia horizontal.



Fotografía 13. Daños ya notorios de necrosis, clorosis