

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL MILDIU EN GENOTIPOS DE QUINUA
GENERACIÓN M3, PROVENIENTES DE SEMILLA IRRADIADA CON RAYOS GAMMA
CO-60**

NOEMI SORAIDA QUISPE ROSAS

LA PAZ – BOLIVIA

2021

Capítulo II. Autores

Tesista: Noemi Soraida Quispe Rosas

Correo electrónico: soraida123agro@gmail.com

Asesores: Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Ing. Edgar Gómez Villalba

Correo electrónico: gomezvedgar@gmail.com

Ing. Nora Mamani Condori

Tribunal Examinador: Ing. Ph.D. David Cruz Choque

Ing. Ph. D. José Yakov Arteaga Garcia.

Año de defensa del trabajo: 10 de mayo 2021

Nombre de la Universidad: Universidad Mayor de San Andrés-Facultad de Agronomía

Capítulo III

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó durante la gestión agrícola 2018-2019 en predios de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN), provincia Ingavi del departamento de La Paz, situado a 3 km del municipio de Viacha, como parte del proyecto RLA5068 "Aumento del rendimiento y del potencial comercial de los cultivos de importancia económica (ARCAL CL)", con el objetivo de evaluar la resistencia al mildiu de tres líneas de quinua de la generación M3 derivado de la variedad Real Negra y un testigo, los mismos que fueron evaluados en laboratorio para probar la viabilidad de la semilla mediante el diseño experimental completamente al azar mientras que la evaluación en campo fue implementada bajo el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables de respuesta fueron las siguientes: porcentaje de germinación, días a la emergencia, días a la floración, días a la cosecha, altura de planta, longitud de panoja, peso de grano por panoja, peso de 100 semillas (g), rendimiento de grano (kg/ha), incidencia del mildiu y la severidad de la enfermedad en diferentes fechas de lectura. Las variables registradas fueron sometidas al análisis de varianza y pruebas de media Duncan bajo el programa estadístico INFOSTAT.

Los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de germinación es similar en los genotipos y el testigo. Con respecto a las variables fenológicas en días a la emergencia no se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos. En cuanto a días de floración el tratamiento T1 (G-7) y T2 (G-10) lograron menor tiempo en alcanzar la floración a diferencia del T3 (G-15) y el testigo con una diferencia de 20 días. Para días a la cosecha los genotipos no mostraron diferencias significativas respecto al testigo, logrando alcanzar una madurez fisiológica entre los 177 días después de la siembra. Para la altura de las plantas se obtuvieron tres grupos de las cuales el T3 y T2 mostraron medias similares con promedios de 38,95 y 38,075 cm a diferencia del testigo que obtuvo una altura de 42.475 cm y con un promedio menor el T1 con 31.300 cm. La longitud de panoja fue similar entre los genotipos y el testigo con un promedio entre 11.65-14.90 cm respectivamente.

El peso de grano por panoja mostró diferencias significativas entre los tratamientos, los genotipos con mayor peso T1, T2 y T3 con 4,25 g, 4,22 g y 3,15 g respectivamente siendo superior al testigo que reportó 2,42 g. Para peso de 100 semillas los genotipos registraron menor peso de 0,32 g, 0,31g y 0.30 g mientras que el testigo fue mayor (0,35 g).

Para el rendimiento de grano los tratamientos T1, T2 y T3 alcanzaron medias similares con promedios de 284,20 kg/ha, 272,25 kg/ha y 459,59 kg/ha y el testigo con un rendimiento de 196,56 kg/ha.

Respecto a la evaluación de la enfermedad del mildiu los genotipos demostraron un porcentaje de severidad similar en las siete evaluaciones realizadas durante el ciclo vegetativo desde la fase de ocho hojas verdaderas hasta la fase de formación de grano masoso obteniendo promedios de 22,70% a 28,90% y con mayor porcentaje de severidad el testigo con promedio de 36,90%. Bajo los cálculos de la curva de progreso la AUDPC demostró que el genotipo T2 obtuvo un área afectada por el patógeno de 1413,70 cm² lo cual significa que la severidad es menor, a diferencia del testigo que presentó un área de 2560,61 cm² por lo que la severidad es mayor confirmando que la variedad Real Negra es susceptible a la enfermedad del mildiu.

En conclusión, la viabilidad de la semilla de los genotipos en generación M3 son viables y similares al testigo. En las variables agronómicas se destacan los genotipos T1 y T2 por obtener un mayor rendimiento y presentar precocidad a la floración. En la resistencia al mildiu el genotipo G-10 presentó un progreso lento a enfermedad y menor incidencia de plantas enfermas desde sus primeras fases fenológicas a diferencia del testigo.

CAPITULO IV

1. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es una planta andina que muestra la mayor distribución y diversidad de genotipos por alrededores del Lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí, Bolivia y Sicuani, Perú. La quinua es caracterizada por ser adaptable a diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas (Mujica, 2015 y MINAGRI, 2014).

Además es considerada por ser un alimento funcional es decir que aporta en la disminución de riesgo de enfermedades, debido a sus características nutricionales en especial por la cantidad y calidad de proteínas, aminoácidos esenciales, calcio, fósforo, hierro, magnesio, vitaminas y fibras solubles e insolubles (MINAGRI, 2014).

La quinua es una planta afectada por plagas y enfermedades, donde la principal enfermedad es el mildiu provocada por el hongo *Peronospora variabilis* debido a los cambios de periodos de sequía y precipitación que se alternan durante la campaña agrícola, generando condiciones adversas al cultivo y favorables para el hongo. Lo que determina la reducción del rendimiento, deficiencias en el llenado y calidad de grano, llegando a reducir el 30% del rendimiento y el 100% en condiciones lluviosas (Bonifacio *et al.*, s.f.).

Ante los efectos del cambio climático, se debe buscar genotipos resistentes a la enfermedad, para superar la amenaza a la producción de alimentos. En este contexto, es importante el empleo de inductores de mutaciones para la mejora de plantas y entre las variantes generadas seleccionar plantas con genes favorables y sean adaptables a los cambios ambientales.

Mediante trabajos de mutación y subsecuentes generaciones en la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN) se ha obtenido progenies M3 de la variedad Real Negra que se encuentran en proceso de evaluación.

CAPITULO V

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar la resistencia al mildiu de los genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) generación M3 provenientes de semillas irradiadas con Co-60.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la severidad del mildiu de los genotipos de quinua generación M3.
- Identificar y seleccionar genotipos resistentes a la enfermedad del mildiu.
- Determinar el efecto de la enfermedad del mildiu en el rendimiento de la quinua.

CAPITULO VI

MATERIALES Y MÉTODOS

3. Material Vegetal

Para el presente trabajo de investigación, se utilizó material genético tres genotipos en generación M3 proveniente de semillas irradiadas con rayos gamma Co60 de quinua variedad Real Negra y un testigo que no fue sometido a irradiación.

4. Metodología

El trabajo en campo y laboratorio tuvo diferentes labores, cuales se detallan a continuación:

4.1 Trabajo en laboratorio

Para la prueba de germinación de la generación M3 en quinua variedad "Real Negra" se utilizaron 16 placas Petri y láminas de papel secante los cuales se colocaron en la base interior de las placas Petri y se procedió el colocado de las 100 semillas de cada tratamiento con cuatro repeticiones T0= testigo, T1= Genotipo 7, T2= Genotipo 10 y T3= Genotipo 15 y seguidamente se humedeció con una piseta el papel secante con agua destilada y finalmente se llevó todas las placas Petri a la cámara de crecimiento a una temperatura de 25°C.

Al día siguiente se evaluó el porcentaje de germinación de cada tratamiento en horas de la mañana, los cuales presentaron la radícula desarrollada de manera que se realizó el conteo de las semillas germinadas de cada tratamiento.

4.2 Trabajo en campo

4.2.1 Preparación del terreno

El trabajo en campo se inició con la delimitación del área de investigación con un total de 155.25 m², posterior a ello se realizó la remoción del suelo empleando de un tractor siendo la profundidad del roturado de 30 cm, seguidamente se procedió al nivelado del terreno.

4.2.2 Siembra

La siembra se realizó con la apertura de los surcos, con una distancia entre surcos de 0,40 m y profundidad de 10 cm, bajo un sistema de siembra manual colocando 7 a 10 semillas por cada golpe a una densidad de 10 a 15 cm entre plantas.

4.2.3 Riego

El riego se realizó antes y después de la siembra, con el fin de tener un suelo húmedo apto para el cultivo de quinua para mayor efectividad en la emergencia de la semilla, posterior a la siembra se llevó un riego de dos veces por semana hasta que la planta presente sus hojas cotiledonales mediante el uso de regaderas y el uso de un pequeño aspersor.

4.2.4 Toma de datos

La toma de datos se realizó desde que la enfermedad presentó sus primeros síntomas con una frecuencia de 7 días. Se evaluó en las plantas elegidas aleatoriamente de cada unidad experimental. También se registró cada tres días la humedad del suelo con la ayuda del Diviner 2000 y el sensor de humedad TDR y de otras variables cualitativas de la planta.

4.2.5 Cosecha

La cosecha se llevó a cabo cuando las plantas completaron su madurez fisiológica, evidenciada cuando el grano presentó una consistencia dura, mayor defoliación y amarillamiento de las hojas. Seguidamente se realizó el secado y trillado individual de cada muestra tolerante a la enfermedad, y por último el venteado para remover las impurezas y obtener grano limpio.

4.2.6 Diseño experimental

4.2.6.1 Etapa en laboratorio – germinación

En el presente trabajo de investigación para la prueba de germinación en laboratorio, se realizó bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos (Ochoa, 2009).

4.2.6.2 Etapa en campo

En el presente trabajo de investigación tiene un enfoque experimental cuantitativo (Hernández Sampieri *et al.*, 2014). La etapa en campo fue establecido bajo un diseño de bloques completos al azar (DBA), de acuerdo al modelo lineal aditivo del diseño descrito por (Ochoa, 2009).

Tratamientos de estudio

En el cuadro 1 se detallan las distribuciones de los tratamientos en la investigación:

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos

Distribución de los tratamientos	
T0	Testigo (semilla sin procedencia de irradiación).
T1	Genotipo-7
T2	Genotipo-10
T3	Genotipo-15

4.2.7 Variables de Respuesta

Para registrar las variables de respuesta en plantas de la generación M3, se eligieron aleatoriamente 15 plantas al azar de la parte central, con el fin de obtener uniformidad en cada unidad experimental durante su desarrollo fenológico.

4.2.7.1 Variables en laboratorio

4.2.7.1.1 Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación en laboratorio se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ GERMINACIÓN} = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ total de semillas totales}} \times 100\%$$

4.2.7.2 Variables de crecimiento y desarrollo en campo

4.2.7.2.1 Variables fenológicas

Nuestras variables fueron evaluadas bajo la descripción para el cultivo de la quinua descrito por (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).

4.2.7.2.1.1 Días a la emergencia

Los días a la emergencia fueron determinados contando los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta la fecha que emergieron más del 50% de las plantas por unidad experimental. Se registró a los 8 días donde las plantas emergieron con presencia de hojas cotiledóneas.

4.2.7.2.1.2 Días a la floración

La evaluación a días de floración se determinó cuando el 50% de las plantas presenten flores abiertas y anteras visibles en cada unidad experimental. El registro se realizó a los 86 días.

4.2.7.2.1.3 Días a la cosecha

El número de días a la cosecha se registraron cuando las plantas presentaron evidencias de maduración, es decir cuando los granos presenten una consistencia dura y un bajo porcentaje de humedad. Se registró desde los 171 a 177 días, momento en el que finalizó la cosecha de la quinua.

4.2.7.3 Variables de cosecha

4.2.7.3.1 Altura de la planta

La medición de altura de la planta fue medida una vez que la planta alcanzó su madurez fisiológica, efectuando el muestreo de 15 plantas al azar de la parte central con el fin de evitar el efecto de borde y tener plantas homogéneas, para luego obtener un promedio. La altura se midió desde la base del tallo principal hasta el punto apical de la panoja.

4.2.7.3.2 Longitud de panoja

La longitud de panoja se midió al momento de la cosecha con la ayuda de una regla desde la base de la panoja hasta el ápice principal, tomando en cuenta las 15 plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental y finalmente obtener un promedio.

4.2.7.3.3 Peso de grano por panoja

Para la determinación del peso de grano por panoja se realizó el pesado de grano de las 15 plantas (muestras) de cada unidad experimental.

4.2.7.3.4 Peso de 100 semillas (g)

Para medir esta variable se realizó el conteo de 100 semillas al azar de cada tratamiento, seguidamente se pesó en una balanza de precisión y se expresaron en gramos.

4.2.7.3.5 Rendimiento (kg/ha)

Para la determinación del rendimiento de grano, se realizó pesando el grano de cada unidad experimental, los cuales fueron expresados en kilogramos por hectárea (Kg/ha).

4.2.7.4 Variables de evaluación de la enfermedad

4.2.7.4.1 Incidencia del mildiu

Para la incidencia, se realizó el conteo de las plantas afectadas con el mildiu de la quinua causada por un hongo (*Peronospora variabilis*), sobre el total de plantas de cada unidad experimental, evaluada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas}} \times 100\%$$

4.2.7.4.2 Severidad de la enfermedad del mildiu

La severidad de la enfermedad se determinó bajo el método propuesto por (Danielsen y Ames, 2000), en las 15 plantas elegidas aleatoriamente de cada unidad experimental, de cada planta se eligió 3 hojas al azar una de cada tercio.

Las evaluaciones se midieron una vez por semana desde que se manifestó los primeros síntomas del hongo (*Peronospora variabilis*).

Para el cálculo del porcentaje del área afectada se utilizó la escala de severidad de la figura 3. En total se obtuvo siete evaluaciones durante el periodo del experimento.

Para evaluar la resistencia del material genético a la enfermedad del mildiu bajo los datos obtenidos del porcentaje de severidad, se calculó la AUDPC (área bajo la curva de progreso de la enfermedad) para así realizar un mejor análisis del avance de la enfermedad

$$AUDPC = \sum_i^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) \times (t_{i+1} - t_i)$$

Dónde:

n= número de evaluaciones

y= el grado de severidad

t= es el número de días después de la siembra

CAPITULO VII

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.3 Aspectos climáticos

4.3.1 Temperatura

En la figura 1 se observa las variaciones de las temperaturas máximas y mínimas registradas durante la campaña agrícola del cultivo, donde la temperatura mensual más mínima se registró a inicios del mes de diciembre del 2018 con una mínima extrema de $-10,3^{\circ}\text{C}$ lo cual provocó una fuerte helada en la quinua. Respecto a las temperaturas máximas se registraron en el mes de febrero del año 2019 con una máxima de 35°C .

En la misma figura se puede apreciar que hubo descensos de temperatura en los meses de febrero y marzo 2019 con promedios de -3°C , provocando heladas leves durante el ciclo vegetativo del cultivo.

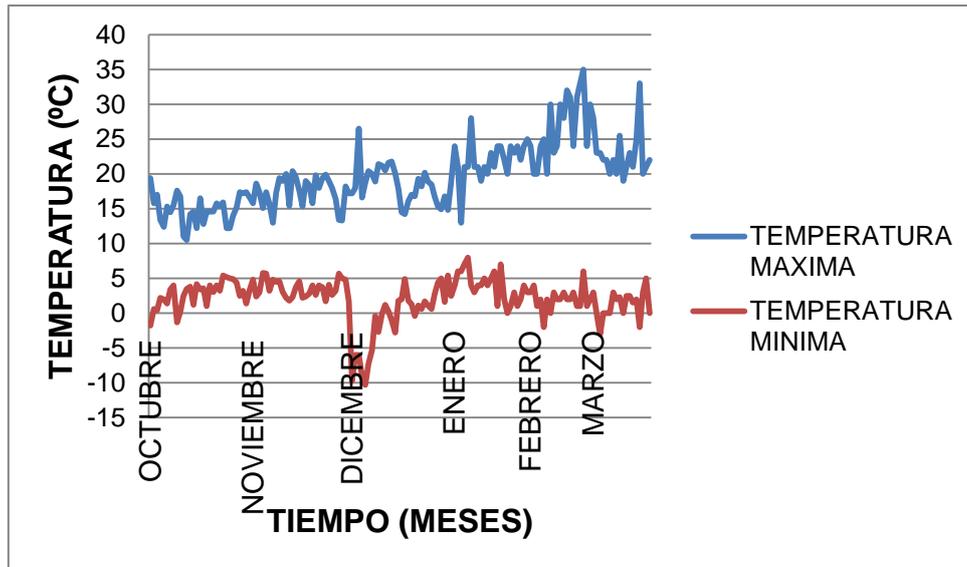


Figura 1. Registro de temperaturas mensuales de máximas y mínimas del 2018 al 2019

4.3.2 Humedad relativa del suelo a 30 cm de profundidad

La figura 2 muestra la humedad del suelo para 30 cm de profundidad, se registraron durante el ciclo fenológico del cultivo mediante el equipo (FDR Portatil Diviner 2000).

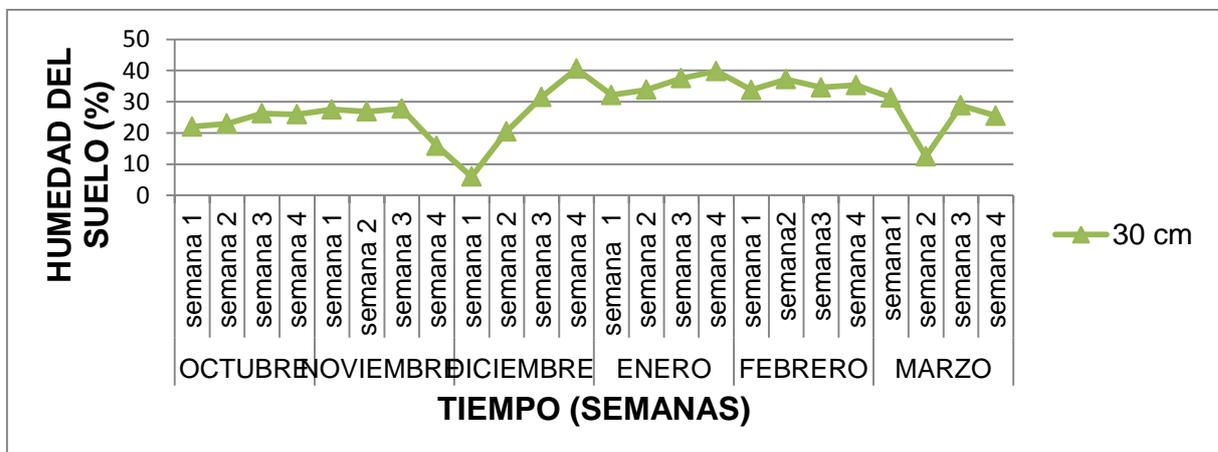


Figura 2. Fluctuaciones de humedad del suelo (%)

La humedad del suelo en la gestión agrícola 2018-2019 a una profundidad de 30 cm se registró una máxima en la cuarta semana del mes Diciembre con un valor de 40,58%, debido a las precipitaciones presentes en este mes siendo constantes hasta segunda semana del mes de Febrero con un promedio de 37,17% y con una mínima registrada a la primera semana del mes Diciembre y la segunda semana del mes de Marzo con valores de 5.98% y 12,45% , a causa del cese de las precipitaciones.

4.3.3 Precipitación diaria

La precipitación diaria registrada durante el ciclo fenológico de la quinua la que de manera irregular alcanzó precipitaciones menores de 0.0 mm/día en los meses de octubre, noviembre y primeras semanas del mes diciembre y a partir de la segunda semana del mes de diciembre se registraron fuertes precipitaciones llegando a una máxima de 42,1 mm/día, de manera que la excesiva humedad favoreció al desarrollo del hongo. Cabe mencionar que en la época de lluvia, se registraron granizadas frecuentes.

4.4 Variable en laboratorio

4.4.1 Porcentaje de germinación

En el cuadro 2, se presenta el análisis de varianza donde se muestra que el valor del Fc (calculado) es menor al Ft (tabulado) con el grado de confiabilidad al 0.05%, donde se determina que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos para el porcentaje de germinación.

Cuadro 2. Análisis de varianza del porcentaje de germinación para los genotipos de la generación M3

F.V	G.L	S.C	C.M.	Fc	Ft (0,05)	
Tratamientos	3	107,777	35,926	2,21	0,14	N.S.
Error experimental	12	195,203	16,267			
Total	16	302,98				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS= No significativo

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza del porcentaje de germinación que se presentan en el cuadro 2, se llegó a determinar que la germinación es homogénea entre el testigo y los genotipos, por lo que se asume que los genotipos evaluados no registran cambios a nivel de la viabilidad de la semilla en la generación M3.

El coeficiente de variación fue de 4,98%, lo que indica que los resultados obtenidos son confiables.

Estudios realizados por Quinteros en 2012 menciona que la dosis de radiación no tuvo efecto en el porcentaje de germinación en la generación M1, donde la variedad Real Negra obtuvo el 97,63% de germinación. Del mismo modo la radiación realizada en la generación Mo no influyó de manera significativa para la generación M3 del presente trabajo.

4.5 Variables fenológicas

4.5.1 Días a la emergencia

En el cuadro 3, se presenta el análisis de varianza para el porcentaje de emergencia en campo, donde se muestra que estadísticamente no existen diferencias significativas entre bloques, es decir que la pendiente no influyó en la emergencia. Por otro lado para tratamientos se muestra que no existen diferencias significativas.

Cuadro 3. Análisis de varianza para número de días a la emergencia en los genotipos de la generación M3

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	125,389	41,796	3	0,088	NS
Tratamientos	3	41,796	13,932	1	0,436	NS
Error Experimental	9	125,389	13,932			
Total	15	292,574				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS= No significativo

De acuerdo con el análisis de datos obtenidos en la evaluación se logró confirmar que esta generación no hubo influencia en la radiación respecto a la emergencia, donde se muestra que son relativamente homogéneas. No obstante, cabe mencionar que en esta generación M3 el color de las hojas cotiledonales del tratamiento T3 (G-15) presentaron una pigmentación rosada a diferencia del testigo y de los genotipos T1(G-7) y T2(G-10) que presentaron hojas con una tonalidad verde, dichas características no se observaron en la generación M1.

El coeficiente de variación fue de 4,22%, siendo inferior al 30% lo cual indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales, por tanto los datos son confiables.

4.5.2 Días a la floración

En el cuadro 4, se presenta los resultados del análisis de varianza, donde se muestra que no existen diferencias significativas entre bloques, lo cual indica que la pendiente no tuvo efecto directo respecto a esta variable.

Para el caso de los tratamientos se puede observar que existe una diferencia significativa, es decir que los genotipos y el testigo logran diferentes resultados en cuanto al número de días a floración.

Cuadro 4. Análisis de varianza para el número de días a la floración

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	302,947	100,982	2,098	0,171	NS
Tratamientos	3	786,894	262,298	5,450	0,021	*
Error Experimental	9	433,144	48,127			
Total	15	1522,984				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS= No significativo *= significativo

El coeficiente de variación fue de 8,75% lo que indica que se encuentra en un valor aceptable para ensayos agronómicos en campo, siendo inferior al 30 %, por tanto los datos obtenidos son confiables.

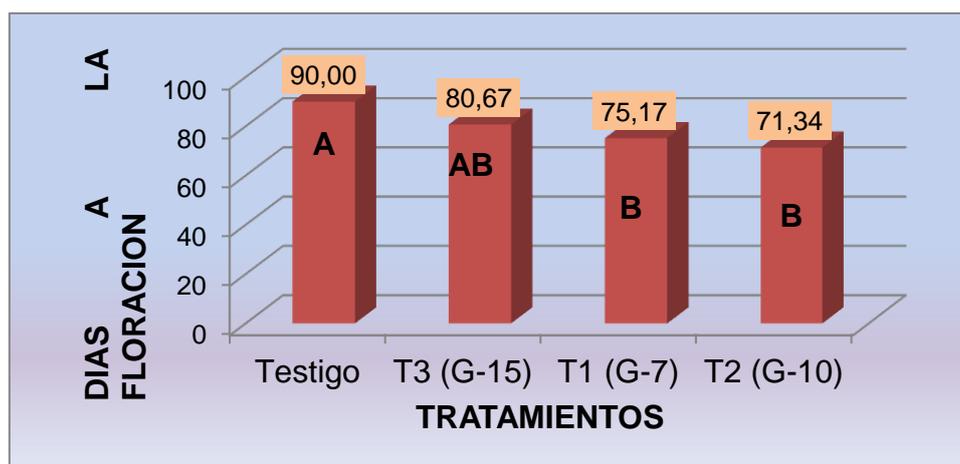


Figura 3. Comparación de medias para el número de días a la floración para los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$).

Los resultados de la Prueba Duncan al 5% de probabilidad (figura 3), muestra que estadísticamente los genotipos T1 (G-7) y T2 (G-10) lograron alcanzar la floración en el 50 % de la población entre los 71 y 75 días. A diferencia del T3 (G-15) y el testigo con un promedio de 90 días obtuvo mayor tiempo en alcanzar la fase de floración.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, concuerda con lo que mencionan Mujica *et al.* (2004) que la floración ocurre de los 90 y 100 días después de la siembra. Asimismo Bernardo (2020), da a conocer que en la generación M3 de la variedad Amarilla de Maranganí provenientes de semillas irradiadas con rayos gamma de 150 Gy y 200 Gy, menciona que en plantas mutantes identificadas obtuvieron precocidad con 89 días a la floración. Los datos obtenidos en los genotipos T1 (G-7), T2 (G-1) y T3 (G-15) son considerados precoces a la floración por la diferencia de 15 a 20 días respecto al testigo que no ha sido sometido a irradiación.

4.5.3 Días a la cosecha

El cuadro 5, presenta el análisis de varianza para el número de días a la cosecha.

Cuadro 5. Análisis de varianza para días a la cosecha

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	5,5	1,83	0,733	0,558	NS
Tratamientos	3	9	3	1,2	0,364	NS
Error Experimental	9	22,5	2,5			
Total	15	37				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS= No significativo

Los resultados del análisis de varianza para el número de días a la cosecha de acuerdo al cuadro 5, muestra que no hubo diferencias entre los tratamientos, por lo que se asume que la radiación realizada en la generación Mo no influyo en esta generación (M3), ya que en promedio fue de 177 días a la cosecha desde la siembra hasta que el grano presente una consistencia dura y con un menor porcentaje de humedad.

Mujica *et al.* (2004), indican que la duración del ciclo fenológico es de 170 a 180 días, cuando el grano tenga un menor de porcentaje de humedad del 14-16%, presentando una consistencia dura y una defoliación de las hojas.

El coeficiente de variación fue 0.89% con un valor inferior al 30% lo cual indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales. Y por lo tanto los datos son confiables.

4.6 Variables de cosecha

4.6.1 Altura de la planta

En el cuadro 6, se presenta el análisis de varianza para la altura de planta donde se muestra que las diferencias observadas entre bloques no fueron estadísticamente significativas; sin embargo, las diferencias observadas entre los tratamientos son estadísticamente significativas.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la altura de la planta

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	2,34	0,78	0,036	0,99	NS
Tratamientos	3	261,855	87,285	4,07	0,044	*
Error Experimental	9	193,005	21,445			
Total	15	457,2				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS= No significativo *= significativo

Un coeficiente de variación de 12.28 %, refleja que los datos son confiables, existiendo un buen manejo de las unidades experimentales.

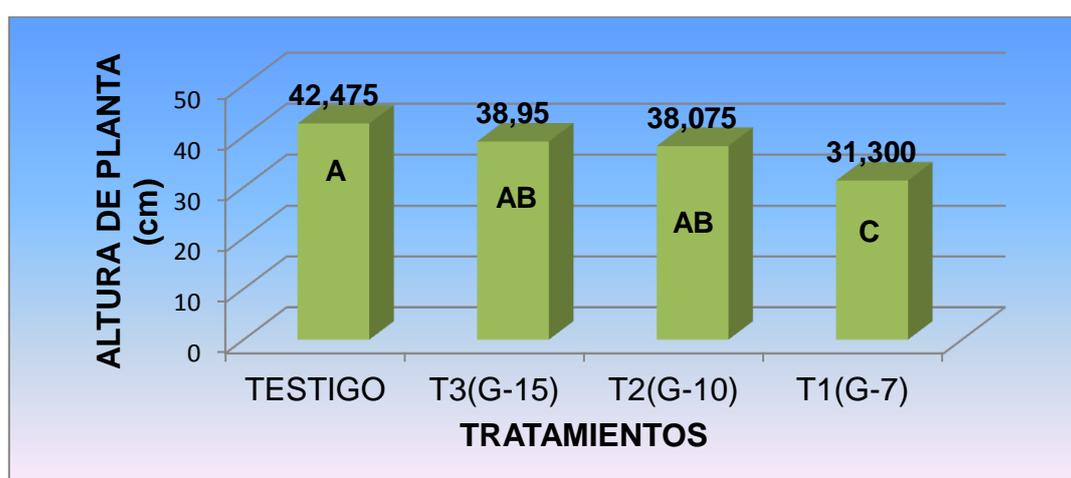


Figura 4. Comparación de medias para la altura de plantas, de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

En el figura 4, con la prueba Duncan (confiabilidad del 5%) se evidenció tres grupos. En el primer grupo se encuentra el tratamiento testigo con un promedio de 42,475 cm. En el segundo grupo con medias similares se encuentran los tratamientos T3 (G-15) y T2 (G-10) con promedios de 38,075 y 38,95 cm. Finalmente tenemos al tratamiento T1 (G-7) con un promedio menor de 31.300 cm. Podemos ver que la generación M3 los genotipos presentaron un tamaño menor respecto al testigo probablemente sea por efectos de la mutación en interacción con el medio ambiente.

Rojas *et al.* (2010) indican que la altura en la quinua varía de 1 a 2 m dependiendo de la variedad y su adaptación a las diferentes condiciones edafoclimáticas.

Según investigaciones realizadas en el cultivo de quinua irradiada con rayos gamma Co-60 por Mamani (2012) da a conocer que la disminución de altura de la planta se lograría observar aún en otras generaciones, esto debido a la dosis alta realizada en la generación M1 obteniéndose alturas de 27,46 cm. En este presente trabajo de investigación generación M3, no se observó características similares respecto a la altura con lo que menciona el autor, debido a la altura similar entre los genotipos con el testigo una de las grandes causas probablemente sea por las condiciones ambientales presentes durante su campaña agrícola.

4.6.2 Longitud de panoja

De acuerdo con el análisis de varianza el cuadro 7, las diferencias entre bloques y entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas. Por tanto no existe diferencia entre genotipos y el testigo para la longitud de panoja.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la longitud de panoja

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	21,188	7,063	1,9	0,19	Ns
Tratamientos	3	16,664	5,555	1,5	0,27	Ns
Error Experimental	9	33,118	3,680			
Total	15	70,970				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS= No significativo

El coeficiente de variación fue de 14,51 % el cual se encuentra en el rango aceptable para los trabajos agronómicos en campo.

El tamaño de panoja fue similar, siendo el T1 (genotipo 7) con un promedio de 14,90 cm, el Testigo T2 (genotipo 10) y T3 (genotipo 15) con promedios de 13,19 cm, 11.65cm y 13,12 cm respectivamente.

Según Gómez y Aguilar (2016), la longitud de panoja varía dependiendo de los genotipos y factores ambientales tomándose un promedio de 15 a 70 cm.

Las mutaciones inducidas con rayos gamma con dosis de 150 Gy, 250 Gy y 350 Gy presentan mayores modificaciones de características morfológicas en la generación M1 a diferencia de la generación M2 que presenta diferencias en altura de plantas, longitud de panoja, ciclo de vida y color de tallos, de manera que en la generación M3 observaron las mismas modificaciones que en la anterior generación conservando la altura de la planta, color de grano (Gómez y Eguiluz, 2013 citado por Bonifacio *et al.*, 2014).

4.6.3 Peso de grano por panoja

El cuadro 8, presenta los resultados de análisis de varianza para el peso de grano por panoja, donde no existen diferencias significativas entre bloques, lo que demuestra que la pendiente no influyó en esta variable. Así mismo se muestra que para tratamientos existe una diferencia significativa.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el peso de grano por panoja

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	0,867	0,289	0,607	0,627	Ns
Tratamientos	3	9,463	3,154	6,621	0,012	*
Error Experimental	9	4,288	0,476			
Total	15	14,618				

FV=Fuente de variación

GL=Grados de libertad

NS= No significativo

*=Significativo

El coeficiente de variación del 19,65 % es menor al 30%, reflejando la confiabilidad en los datos.

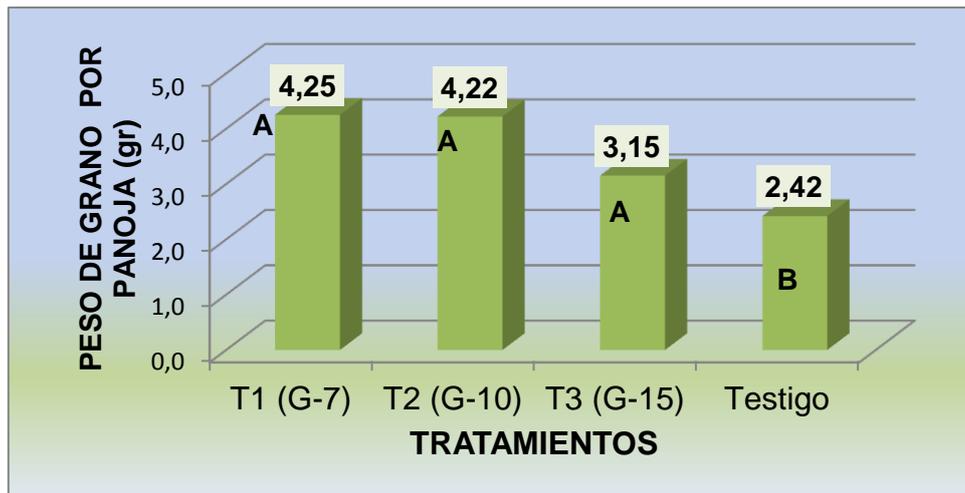


Figura 5. Comparación de medias para el peso de granos por panoja, de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

En la figura 5, se observa que los tratamientos T1, T2 presentan mayor peso de grano con promedios de 4.25 g, 4.22 g respectivamente y con una media similar el T3 con 3.15 g y por último el tratamiento testigo obtuvo un promedio menor de 2.42 g.

Mujica *et al.* (2001) menciona que la cantidad de grano varía de acuerdo a la longitud de la panoja, además mencionando a los factores climáticos que influyen sobre esta variable. Es decir, cuanto mayor sea la longitud de panoja se obtendrá mayor cantidad de granos llegando a producir hasta 500 gramos de semilla por panoja.

4.6.4 Peso de 100 semillas (g)

Los resultados del análisis de varianza (cuadro 9) muestra que las diferencias registradas para bloques no son estadísticamente significativas, en cambio, las diferencias entre tratamientos son estadísticamente significativas para el peso de 100 semillas.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el peso de 100 semillas (g)

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	0,003	0,001	2,418	0,164	Ns
Tratamientos	3	0,006	0,002	4,330	0,038	*
Error Experimental	9	0,004	0,000			
Total	15	0,014				

FV= Factor de corrección GL= Grado de libertad NS= No significativo
*=Significativo

El coeficiente de variación de 6.86 % indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales, dando confiabilidad a los datos obtenidos.

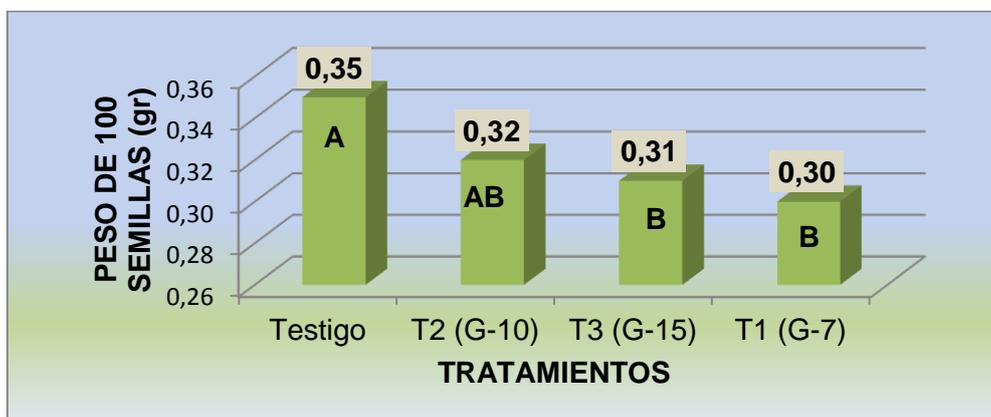


Figura 6. Comparación de medias para el peso de 100 semillas (g), de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

De acuerdo a la prueba de Duncan al 5% (figura 6), las comparaciones de medias para el peso de 100 semillas existen diferencias significativas entre el testigo y los genotipos. Siendo que el testigo obtuvo mayor peso con un promedio de 0,35g y con una media similar el T2 con 0,32g y por último el T3 y T1 con promedios de 0,31g – 0,30g demostraron que son estadísticamente similares, lo cual indica que los genotipos obtuvieron mayor cantidad de grano por panoja pero un promedio menor respecto al peso. Según investigaciones realizadas por Gabriel *et al.* (2012) dan a conocer que generalmente la disminución en el peso de las semillas se ve afectado por el desarrollo del follaje es decir que a mayor follaje menor tamaño y peso de grano y una disminución en la calidad de grano.

En la generación M3 evaluada en campo, los tratamientos T1 (G-7), T2 (G-10) y T3 (G-15) presentaron mayor follaje, mayor número de ramificaciones a diferencia del testigo que tuvo una disminución en su follaje.

Asimismo mencionar que probablemente esto se debió a las heladas que se presentaron durante la formación de grano, por lo que sería una de las causas de la baja calidad de semillas obtenidas en esta generación M3.

De acuerdo a los parámetros determinado por Rojas *et al.* (2010) en el peso de 100 semillas varia de 0.12 a 0.60 gramos, esto debido a la variabilidad genética del cultivo de la quinua. Los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran dentro del parámetro mencionado.

4.6.5 Rendimiento de grano de quinua

En el cuadro 10, se observa el análisis de varianza para el rendimiento de grano, donde se muestra que existe diferencias significativas entre bloques, es decir que la pendiente si tuvo efecto en los resultados para el rendimiento.

Para tratamientos se encontró diferencias altamente significativas, lo que indica que los genotipos y el testigo, logran diferentes resultados en cuanto a esta variable.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el rendimiento

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	21667.16	7222.287	2.301	0.146	*
Tratamientos	3	148656.8	4955.28	15.785	0.001	**
Error Experimental	9	28253.22	3139.246			
Total	15	198577.2				

FV= Factor de corrección GL= Grado de libertad *=Significativo **= Altamente significativo

El coeficiente de variación del trabajo de investigación fue de 18.38 %, lo que significa que los resultados obtenidos son confiables.

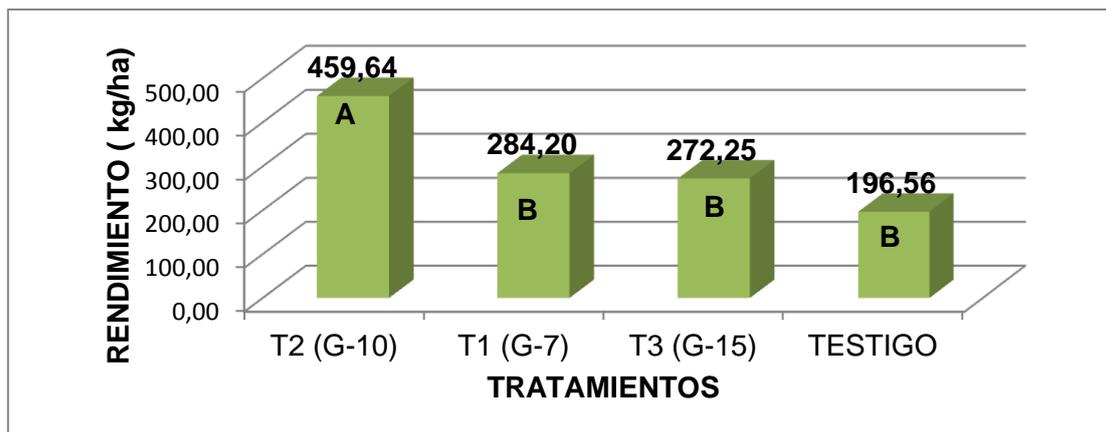


Figura 7. Comparación de medias para el rendimiento en grano, de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

En la figura 7, se demuestra que estadísticamente el T2 obtuvo mayor rendimiento con un promedio de 459,64 kg/ha, en cambio los tratamientos T1, T3 y el tratamiento testigo obtuvieron promedios casi similares de 284.20 kg/ha, 272.25 kg/ha y 196,56 kg/ha, lo que demuestra que la enfermedad del mildiu si tuvo efecto respecto al rendimiento de grano.

Según estudios realizados por Morales *et al.* (1973); citado por Arapa (2006), señalan que los rendimientos de grano por hectárea son muy variables debido a los factores edafoclimáticos y las labores culturales manejadas durante el desarrollo fenológico del cultivo.

Al respecto Bonifacio (s.f.), menciona que el mildiu llega a causar pérdidas del 10% al 30% en el rendimiento debido a que la enfermedad causa la defoliación de las hojas, afectando al desarrollo de la planta, y por ende la producción total. Así mismo Plata *et al.* (2014), señalan que el mildiu ocasiona grandes pérdidas dependiendo a la fase fenológica en la que la planta es atacada y el grado de resistencia que obtenga la variedad.

4.7 Variables de evaluación de la enfermedad

4.7.1 Incidencia de la enfermedad

A continuación en el cuadro 11, se muestran los resultados ANVA para la incidencia de la enfermedad del mildiu en la quinua.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la incidencia de la enfermedad del mildiu

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	484,87	161,62	1,33	0,32	Ns
Tratamientos	3	4887,25	1629,08	13,44	0,0011	**
Error Experimental	9	1091,22	121,25			
Total	15	6463,34				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS=No significativo **=Altamente significativo

El coeficiente de variación fue de 18,95% que indica que los datos tomados son confiables.

Para bloques, se tiene como resultado no significativo, lo que demuestra que no existen diferencias entre bloques en cuanto a los promedios obtenidos.

En cuanto a los tratamientos, existió una diferencia altamente significativa, es decir que logran diferentes resultados, por lo cual se realizó la prueba Duncan a un nivel de 5% de probabilidad, que se muestra a continuación.

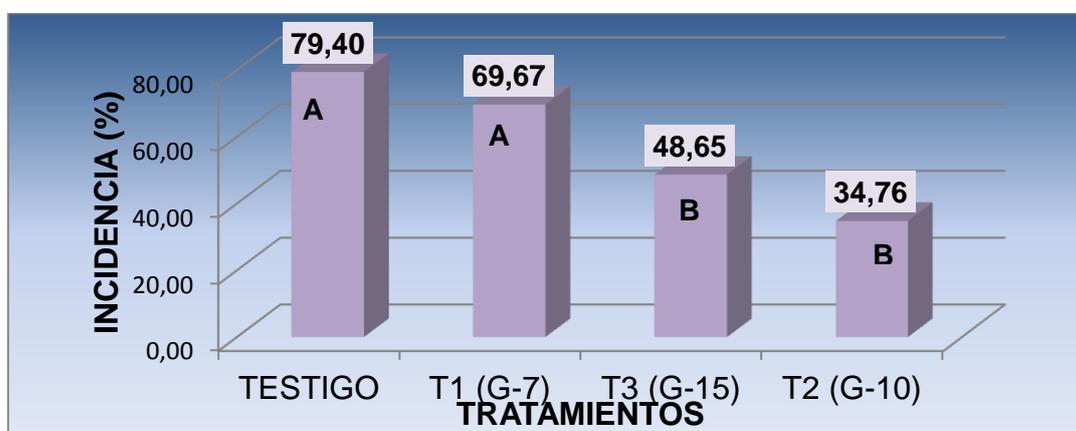


Figura 8. Comparación de medias para el porcentaje de incidencia de la enfermedad del mildiu, de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

La diferencia de las medias de los genotipos para el porcentaje de incidencia, mediante la prueba de Duncan al nivel de probabilidad del 5% de significancia (figura 8), se puede apreciar dos grupos donde el testigo y T1 (G-7) obtuvieron medias similares con promedios de 79,40% y 69,67% y en el segundo grupo se encuentran el

T3 (G-15) y T2 (G-10) con promedios de 48,65% y 34,76% con valores similares, cuales obtuvieron menor porcentaje de incidencia de plantas enfermas.

4.7.2 Progreso de la enfermedad por fases fenológicas de quinua

a) Evaluación del mildiu en la fase de ocho hojas verdaderas

En el cuadro 12, se presenta los resultados del análisis de varianza para la evaluación del mildiu en la fase de ocho hojas verdaderas, entre bloques se tiene como resultado diferencias significativas lo que demuestra que la pendiente tuvo efecto en los resultados para esta variable y entre los tratamientos el resultado muestra que estadísticamente existen diferencias significativas respecto al grado al grado de severidad.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el grado de severidad del mildiu en la fase

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	0,014	0,005	1,027	0,426	*
Tratamientos	3	0,125	0,042	8,8427	0,005	*
Error Experimental	9	0,042	0,005			
Total	15	0,181				

de ocho hojas verdaderas.

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad *= Significativo

CV= 20.5%

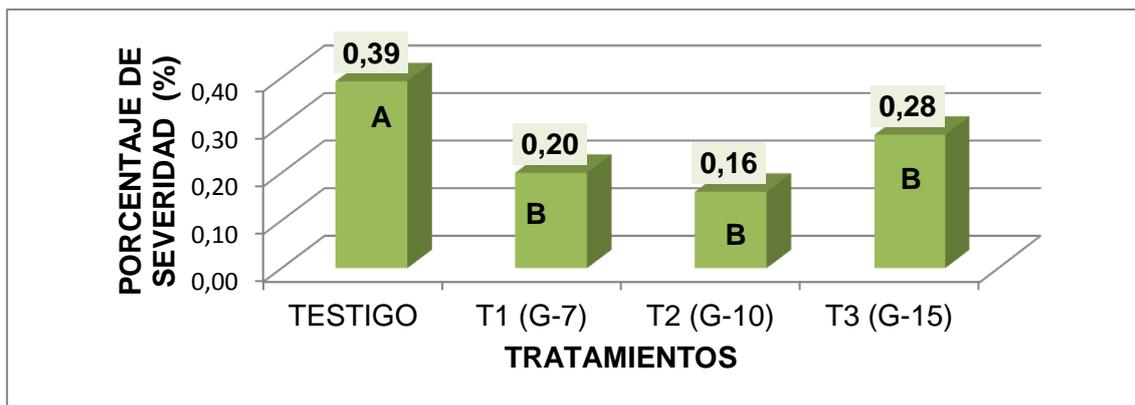


Figura 9. Comparación de medias para el grado de severidad del mildiu en fase de ocho hojas verdaderas de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

De acuerdo a la prueba Duncan a nivel de 5% de significancia la figura 9 muestra, que el testigo presentó mayor porcentaje de severidad con un promedio de 0.39%. Los genotipos T1, T2 y T3 presentaron medias similares con promedios de 0.16%, 0.20% y 0.28% de severidad para la fase de ocho hojas verdaderas (42 días después de la siembra).

Según el estudio realizado por More (2016) los síntomas se presentaron a partir de los 34 días después de la siembra con severidad entre 0,27 -5.65%, siendo los síntomas iniciales pequeños puntos cloróticos amarillentos visibles en el haz de las hojas. Los resultados obtenidos para el presente trabajo de investigación concuerdan con lo mencionado por More (2016) ya que el grado de severidad se encuentra por debajo del 1%.

b) Evaluación del mildiu en la fase de ramificación

En el cuadro 13, se observa el análisis de varianza del grado de severidad en la fase de ramificación de genotipos mutantes y Real negra a los 56 días después de la siembra.

Cuadro 13. Análisis de varianza del grado de severidad del mildiu en la fase de ramificación

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	29,016	9,672	2,382	0,137	*
Tratamientos	3	224,762	74,921	18,452	0,018	**

Error Experimental	9	36,542	4,06			
Total	15	290,32				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad *=Significativo **=Altamente significativo

En el análisis de varianza para el grado de severidad en la fase de ramificación del cuadro 13, se observa un coeficiente de variación de 20,1% que indica que los datos son confiables.

Para bloques se encontró diferencias significativas, lo cual indica que la pendiente tuvo efecto respecto a esta variable.

Para tratamientos se encontró diferencias altamente significativas, lo que indica que los genotipos y el testigo, logran diferentes resultados en cuanto al porcentaje de severidad del mildiu.

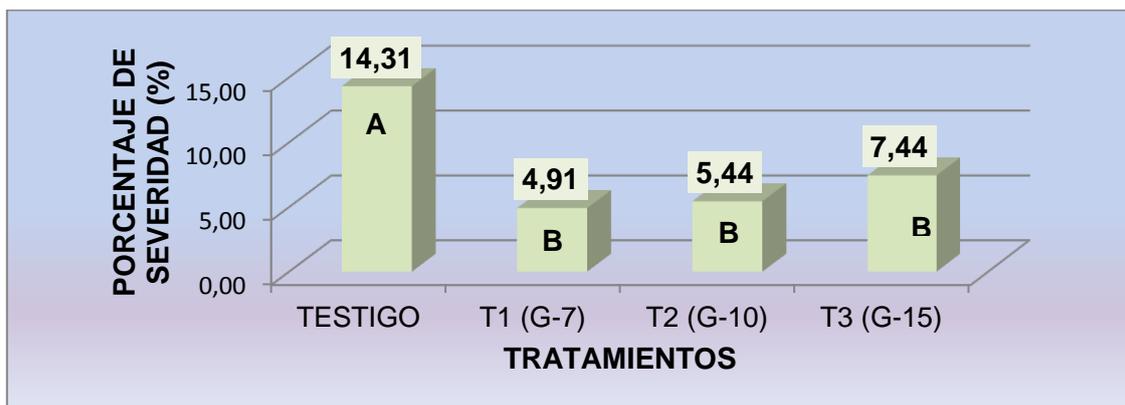


Figura 10. Comparación de medias para el grado de severidad del mildiu en fase de ramificación de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

En la comparación de medias del grado de severidad (figura 10) se verifica que el testigo es diferente estadísticamente respecto a los genotipos lo cual se obtiene mayor grado de severidad (14,31%), mientras que los mutantes presentan valores similares pero inferiores al testigo en la fase de ramificación (56 días después de la siembra).

Risco y Mattos (2015) asumen que el incremento de la severidad del mildiu se debe al debilitamiento de los tejidos por la elongación que existe en esta etapa, dado que la planta se vuelve más susceptible, de manera que en esta fase el patógeno tuvo mayor incremento llegando a un 30 % de severidad favorecida por el aumento de la humedad del ambiente.

c) Evaluación del mildiu en la fase de inicio de panojamiento

En el cuadro 14 se observa el análisis de varianza para el grado de severidad del mildiu a los 88 días después de la siembra en la fase de inicio de panojamiento lo cual nos muestra que no existen diferencias entre bloques, pero si entre los tratamientos.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el grado de severidad de la enfermedad el mildiu en la fase de inicio de panojamiento.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	2,442	0,814	0,299	0,825	NS
Tratamientos	3	29,213	9,738	3,577	0,06	*
Error Experimental	9	24,503	2,723			
Total	15	56,158				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS= No significativo *= Significativo

CV=15,5%

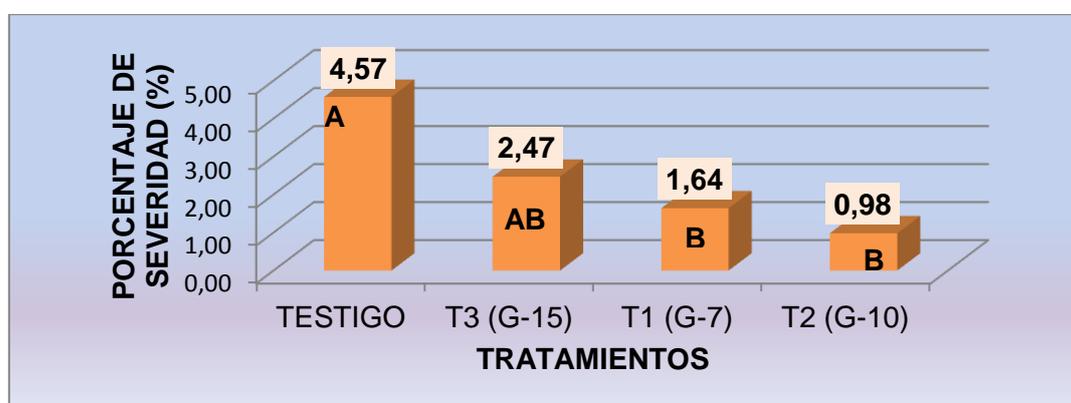


Figura 11. Comparación de medias para el grado de severidad del mildiu en fase de inicio de panojamiento de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

Como se observa en la comparación de medias para el grado de severidad del mildiu en la fase de inicio de panojamiento (figura 11) se logra verificar que el testigo obtuvo mayor porcentaje de severidad con 4,57% y con una media similar el T3 con 2,47% y por último el T1 y T2 con promedio de 1,64%-0,98% demostraron que son estadísticamente similares con un menor porcentaje de severidad.

La diferencia en promedios con el (figura 15) en la fase de ramificación fue por las bajas temperaturas que se presentaron a inicios del mes de diciembre presentando una temperatura mínima de $-10,5^{\circ}\text{C}$ (figura 5) afectando a la quinua con una helada severa debido a la disminución de la humedad del ambiente.

d) Evaluación del mildiu en la fase de panojamiento

En el cuadro 15 se presenta el análisis de varianza en la evaluación del mildiu en la fase de panojamiento (98 días después de la siembra), donde se observa que no existen diferencias entre bloques, pero si estadísticamente entre tratamientos.

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

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	2,208	0,736	0,048	0,985	NS
Tratamientos	3	393,303	131,101	8,578	0,005	*
Error Experimental	9	137,551	15,283			
Total	15	533,062				

FV=Fuente de variación

GL=Grados de libertad

NS= No significativo

*=Significativo

CV=10,7%

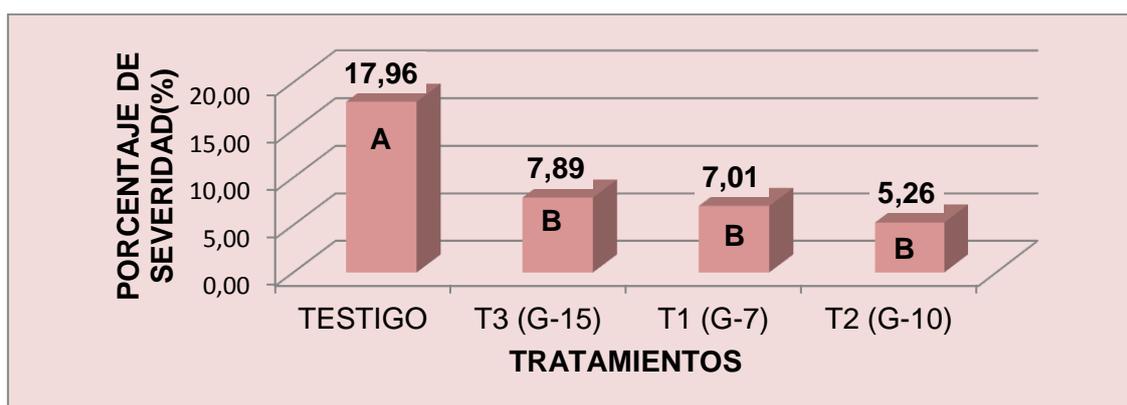


Figura 12. Comparación de medias para el grado de severidad del mildiu en fase de panojamiento de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

La figura 12 nos presenta los resultados obtenidos con la prueba Duncan al 5% de confiabilidad donde el testigo obtuvo mayor grado de severidad con un promedio de

17.96%, en cambio los tratamientos T1, T2, y T3 resultaron ser similares con valores promedio de 7.89%, 7.01% y 5.26% de severidad.

Con los resultados obtenidos es evidente que para esta fase de panojamiento evaluada a los 98 días el tratamiento T2 (G-10) obtiene menor porcentaje de severidad en términos relativos.

e) Evaluación del mildiu en fase inicio de floración

En el siguiente cuadro se muestra el análisis de varianza del grado de severidad del mildiu en la fase de inicio de floración (106 días después de la siembra) las diferencias observadas entre bloques no son estadísticamente significativas, pero las diferencias observada entre tratamientos son significativas.

Cuadro 16. Análisis de varianza para el grado de severidad del mildiu en la fase de inicio de floración

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	36,024	12,008	0,864	0,494	NS
Tratamientos	3	423,202	141,067	10,15	0,003	*
Error Experimental	9	125,081	13,898			
Total	15	584,307				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS= No significativo *=Significativo

CV=15,9%

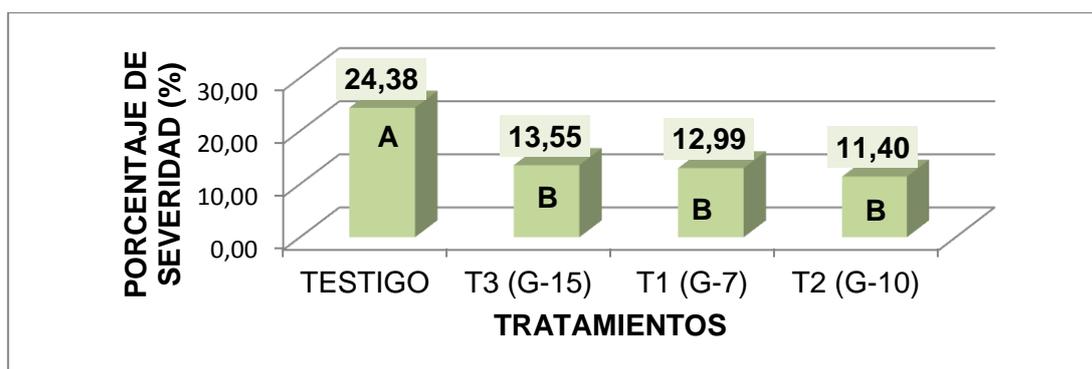


Figura 13. Comparación de medias para el grado de severidad del mildiu en fase de inicio de floración de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

En la figura 13 se muestra el grado de severidad del mildiu para la fase de inicio de floración, se ve claramente que el mildiu tiene un incremento mayor en el testigo a diferencia de los genotipos que obtienen medias inferiores y similares, siendo el tratamiento T2 (G-10) con un promedio menor de (11,40%).

f) Evaluación del mildiu en la fase de floración

En el siguiente cuadro 17 observamos el análisis de varianza para el grado de severidad del mildiu en la fase de floración (114 días después de la siembra) indicando que no existe diferencias significativas entre bloques pero las diferencias son estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Cuadro 17. Análisis de varianza para el grado de severidad del mildiu en la fase de floración

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	26,847	8,949	0,454	0,721	NS
Tratamientos	3	347,867	115,956	5,881	0,017	*
Error Experimental	9	177,457	19,717			
Total	15	552,171				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS= No significativo *= Significativo

El coeficiente de variación del 19,20% es relativamente alto pero inferior al 30% por lo tanto los datos son confiables y hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

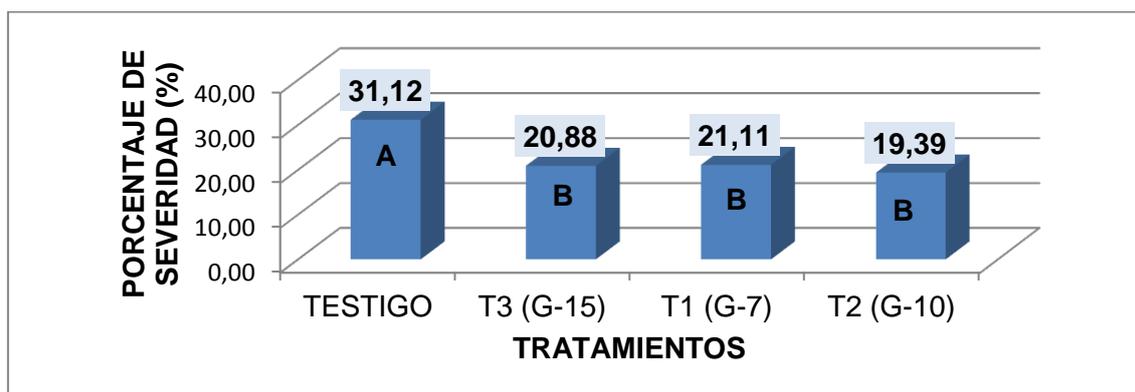


Figura 14. Comparación de medias para el grado de severidad del mildiu en fase de floración de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$)

En la figura 14 la comparación de medias para el grado de severidad del mildiu en la fase de floración se observa que el mildiu tuvo un incremento mayor en el Testigo, siendo estadísticamente diferente a los genotipos T1, T2 y T3, pero aún se observa que T2 (G-10) obtiene un menor promedio de severidad (19.39%).

g) Evaluación del mildiu en la fase de formación de grano masoso

En el cuadro 18 se presenta los resultados del análisis de varianza para el grado de severidad del mildiu en la fase de formación de grano (123 días después de la siembra), donde se observa que para bloques las diferencias registradas no son significativas a nivel estadístico, pero las diferencias entre tratamientos son estadísticamente significativas.

Cuadro 18. Análisis de varianza para el grado de severidad en la fase de formación de grano

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft(0,05)	
Bloques	3	36,38	12,127	0,547	0,662	NS
Tratamientos	3	400,972	133,657	6,029	0,015	*
Error Experimental	9	199,516	22,168			
Total	15	636,869				

FV=Fuente de variación GL=Grados de libertad NS= No significativo *= Significativo

CV= 17,01%.

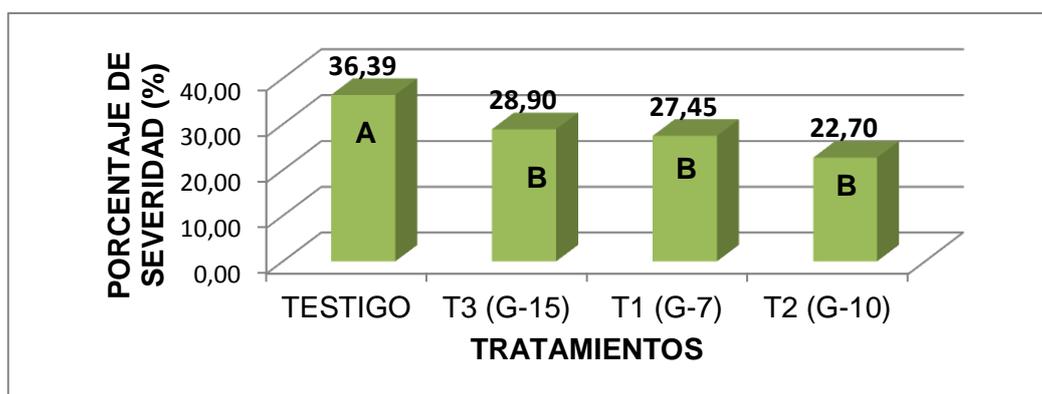


Figura 15. Comparación de medias para el grado de severidad del mildiu en fase de formación de grano de los genotipos de la generación M3 de quinua. (Duncan $\alpha=0.05$).

De acuerdo a la figura 15 en la comparación de medias para el grado de severidad en la fase de formación de grano, el testigo obtuvo un mayor incremento con un promedio de 36,39%. Cabe mencionar que la necrosis de la hoja llegó al 50% del área foliar a causa de hongo a diferencia de los genotipos obtuvieron medias similares, pero el tratamiento T2 se muestra inferior con un promedio de 22,70% teniendo un progreso menor en la severidad del patógeno.

Asimismo, mencionar que en esta fase hubo el ataque de plagas en la fase de larva de Kona Kona, pero se controló con la aplicación de un insecticida

Cálculo del Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC)

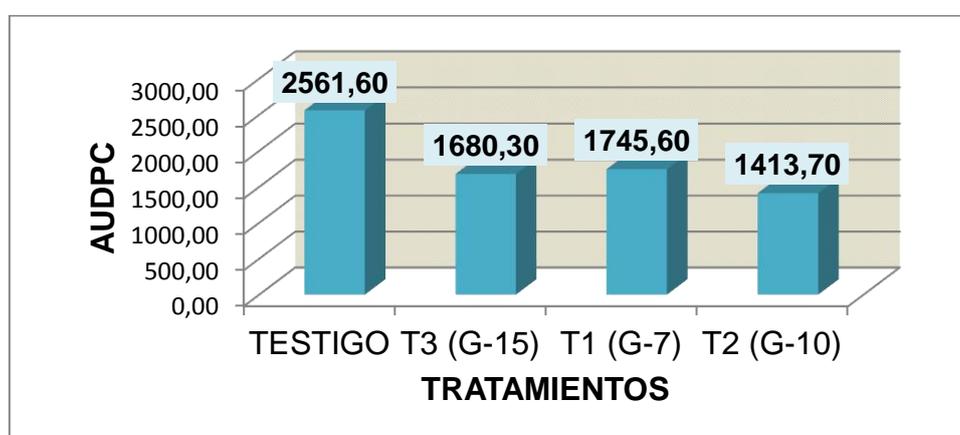


Figura 16. Evaluación del área bajo la curva de progreso de la enfermedad para cada tratamiento

De acuerdo a la figura 16 bajo el cálculo de AUDPC indica que cuanto menor sea el valor de la curva de progreso mayor es la resistencia de la planta hacia la infección del mildiu en la quinua, pese a que el patógeno haya penetrado en el tejido de la hoja, lo cual da a conocer que el genotipo con menor área afectada por la enfermedad es el tratamiento T2 con un promedio de 1413,70 cm² siendo inferior al testigo y a los tratamientos T3 y T1, dado a que durante su campaña agrícola se presentaron precipitaciones constantes cuales condiciones fueron favorables para el desarrollo del mildiu,

Mediante estudios realizados por Bernardo (2020) en la respuesta al mildiu en la población M3 del cultivo de quinua Variedad Amarilla Maranguani provenientes de semillas irradiadas con rayos gamma de 150 Gy y 250 Gy logró encontrar genotipos resistentes del mildiu, por lo que menciona que durante las primeras evaluaciones obtuvo mayor incremento en la severidad y se fue disminuyendo al finales del ciclo fenológico de la quinua, de manera que no se observó en el presente trabajo de

investigación debido a las constantes precipitaciones que se presentaron en las últimas fases fenológicas del cultivo, favoreciendo al desarrollo del patógeno y su diseminación en la planta.

Los genotipos de resistencia evaluada por el mismo autor durante toda la campaña agrícola obtuvieron valores de 582.5 a 1373.8 cm² del área afectada por el patógeno debido a que tuvieron una descendencia de severidad en las últimas fases fenológicas del cultivo a diferencia de los genotipos susceptibles y del testigo que dieron valores de 1085.0 a 2865.0 a causa de un incremento de la severidad en la última fase de la campaña agrícola.

Los genotipos del presente trabajo de investigación mediante las evaluaciones realizadas en su campaña agrícola demostraron promedios similares en el porcentaje de severidad respecto al testigo, pero el T2 demostró un menor grado de severidad y mediante el cálculo de la AUDPC se logró verificar que el T2 obtuvo un área mínima afectada por el hongo (*Peronospora variabilis*) respecto a los genotipos T1 Y T3.

Gandarillas *et al.* (2014), consideran que para combatir con el mildiu es buscar una variedad resistente a la enfermedad y que requieran menor cantidad de fungicidas, en este caso en el presente trabajo de investigación los genotipos presentaron menor grado de severidad, siendo probablemente resistentes a la enfermedad pero aún deben ser evaluadas en otras generaciones.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Los primeros síntomas de la enfermedad del mildiu inicio en la fase de ocho hojas verdaderas, de manera que los genotipos demostraron ser similares respecto al porcentaje de severidad desde los 42 días hasta los 123 días después de la siembra.
- Se identificaron y seleccionaron plantas que presentaron menor porcentaje de severidad a la enfermedad siendo características del tratamiento T2, se podría decir que las plantas mutantes seleccionadas probablemente sean resistentes

a la enfermedad por la irradiación realizada con rayos gamma Co-60 en la generación Mo.

- El cálculo de AUDPC obtuvo menor promedio de 1413.70 cm² del área afectada por el mildiu, lo cual nos da a conocer el grado de resistencia que presentó el genotipo-10, pese a que el patógeno haya penetrado en el tejido de la hoja.
- En cuanto a la altura de la planta el testigo fue mayor con un promedio de 42,475 cm en comparación con los genotipos T1, T2 y T3 con promedios de 31,300 cm, 38,075 cm y 38,95 cm, demostraron una disminución en su tamaño, a causa de los efectos de la mutación en interacción con el ambiente.
- Respecto al rendimiento el mildiu si tuvo efecto en la obtención de la cantidad de grano, siendo que el testigo obtuvo un rendimiento de 196.56 kg/ha considerándose susceptible a la enfermedad al igual que los tratamientos T1 (G-7), T3 (G-15) con valores de 272.24 y 284.20 kg/ha a diferencia del tratamiento T2 (G-10) que presentó un incremento de 489.64 Kg/ha.