

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“RESPUESTA DE 100 ACCESIONES DE QUINUA A LA
INFECCIÓN NATURAL DE MILDIÚ (*Peronospora variabilis* Gäum)
EN EL VALLE DEL MANTARO”**

Presentado por:

MILUSKA GIANINA CALIXTRO ZÁRATE

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

Lima - Perú

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“RESPUESTA DE 100 ACCESIONES DE QUINUA A LA INFECCIÓN
NATURAL DE MILDIÚ (*Peronospora variabilis* Gäum) EN EL VALLE
DEL MANTARO”**

**Tesis para optar el Título de:
INGENIERO AGRONOMO**

MILUSKA GIANINA CALIXTRO ZÁRATE

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

**Dr. Jorge Jiménez Dávalos
PRESIDENTE**

**Dra. Luz Gómez Pando
ASESORA**

**Ing. Mg. Sc. Liliana Aragón Caballero
MIEMBRO**

**Ing. Mg. Sc. Enrique Aguilar Castellanos
MIEMBRO**

**Lima – Perú
2017**

A mi familia por su apoyo incondicional. En especial a mis padres Digna y Misael por ser forjadores de mis sueños.

*A la memoria de dos personas que guían mis pasos desde el cielo
Felix Zárate y Ángela Zárate.*

A la Dra. Luz Gómez, por ser un ejemplo a seguir por su amplio conocimiento, pasión y su arduo trabajo como investigadora.

AGRADECIMIENTO

Al proyecto de investigación 014 – 2015 – INIA – PNIA - UPSMSI/E, “Identificación de líneas con resistencia genética al mildiú en poblaciones obtenidas por inducción de mutaciones y en el germoplasma colectado en Perú para una producción con enfoque orgánico y sostenible del cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)” por la financiación de la presente tesis.

Al proyecto de investigación “Desarrollo de Cadenas de Valor para la conservación de la Biodiversidad y el Mejoramiento de los Medios de Vida Rural” SP- Quinoa del convenio VLIR UOS/UNALM. Por el financiamiento de la presente tesis.

Al Programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM y al Instituto Regional de Desarrollo IRD – Sierra San Juan de Yanamuclo por las facilidades para el uso de sus instalaciones en las diferentes etapas experimentales.

A la Dra. Luz Gómez Pando por la oportunidad brindada para realizar este trabajo de tesis, por su asesoramiento y dedicación durante el desarrollo de la investigación.

A la Ing. Mg Sc. Martha Ibáñez Tremolada, por la orientación brindada durante los análisis de calidad, al Ing. Mg Sc. Alejandro Risco Mendoza por el asesoramiento para realizar las evaluaciones fitopatológicas.

A los miembros del Jurado Dr. Jorge Jiménez Dávalos, Mg Sc. Liliana Aragón Caballero, Mg Sc. Enrique Aguilar Castellanos. Por sus aportes que han permitido mejorar la redacción de la presente investigación.

A la Sra. Ruth Paucar por el apoyo y la amistad concedida hacia mi persona, a los Sres. Vicente Trinidad y Cesar Inga por su apoyo en las evaluaciones en campo.

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE ANEXOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.Importancia	3
2.2.Descripción botánica de la quinua	3
2.3.Fenología de la quinua	4
2.4.El mildiú de la quinua	5
2.4.1. Síntomas en la planta	6
2.4.2. Epidemiología	6
2.4.3. Métodos de evaluación	7
2.5.Resistencia genética al mildiú	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1.Ubicación del experimento	12
3.2.Clima	12
3.3.Material genético	14
3.4.Metodología experimental	14
3.4.1. Manejo del cultivo	14
3.4.2. Evaluación	15
a. Fase de campo	15
b. Evaluación de la enfermedad de mildiú	16
c. ABCPE /Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad)	19
d. Fase de laboratorio	19
e. Determinación de caracteres de calidad	21
3.4.3. Diseño experimental	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1.Evaluación de la respuesta a la infección natural de mildiú en las accesiones de quinua de diverso origen	22

4.1.1. Grado de severidad	22
4.1.2. Análisis del Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE)	27
4.1.3 Evaluación de numero de oosporas en un kilogramo de semillas	31
4.1.4. Determinación el efecto de la infección en el rendimiento y calidad de quinua	34
a. Efecto de la infección de mildiú en el rendimiento de granos de quinua	34
b. Efecto de la infección de mildiú en la calidad del grano de quinua	41
V. CONCLUSIONES	48
VI. RECOMENDACIONES	49
VII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	50

INDICE DE TABLAS

- **Tabla 1:** Escala de evaluación de la reacción a mildiú (*Perenospora farinosa* f.sp. *chenopodii*) en hojas primarias de quinua (*Chenopodium quinoa*) Danielsen y Ames (2000). 17
- **Tabla 2:** Valores medios de severidad o porcentaje de área foliar con síntomas del hongo de mildiú *Perenospora variabilis* observadas en 100 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de San Lorenzo-Jauja, Junín, Campaña 2015-2016. 24
- **Tabla 3:** Valores de Área Bajo la Curva del progreso de la Enfermedad (ABCPE) de la enfermedad de mildiú (*Perenospora variabilis*) en accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) obtenidas en tres evaluaciones realizadas en Junín. Campaña 2015-2016. 28
- **Tabla 4:** Número de oosporas de mildiú (*Perenospora variabilis*) en un kilogramo de semillas de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) obtenidas en cuatro evaluaciones realizadas en semillas cosechadas en Junín. Campaña 2015-2016. 32
- **Tabla 5:** Valores de rendimiento de granos kg/ha de 100 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) en condiciones de una infección natural del hongo del mildiú (*Perenospora variabilis*). Junín. Campaña 2015-2016. 36
- **Tabla 6:** Grupos de accesiones seleccionadas por su rendimiento de grano kg/ha bajo condiciones de una infección natural de mildiú en Junín. Campaña 2015-2016. 41
- **Tabla 7:** Valores de rendimiento de proteína de granos (%) de 100 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) en condiciones de una infección natural del hongo del mildiú (*Perenospora variabilis*). Junín. Campaña 2015-2016. 43
- **Tabla 8:** Grupos de accesiones seleccionadas por su mayor contenido de proteína de grano (%) bajo condiciones de una infección natural de mildiú en Junín. Campaña 2015-2016. 47

INDICE DE FIGURAS

- **Figura 1:** Fases fenológicas de la quinua *Chenopodium quinoa*. SENAMHI (2011). 4
- **Figura 2:** Número de accesiones de quinua que se conservan en el mundo (Rojas *et al.*, 2014). 9
- **Figura 3:** Rango de temperaturas máximas y mínimas mensuales (°C) del IRD Sierra, distrito de San Lorenzo- Jauja, Junín. Campaña 2015-2016. 12
- **Figura 4:** Curva de variación de humedad relativa media mensual (%) del IRD Sierra, distrito de San Lorenzo- Jauja, Junín. Campaña 2015-2016. 13
- **Figura 5:** Curva de variación de precipitación media mensual (mm) del IRD Sierra, distrito de San Lorenzo- Jauja, Junín. Campaña 2015-2016. 13
- **Figura 6:** Índice de esporulación para determinar susceptibilidad o resistencia al mildiú. 17
- **Figura 7:** Síntomas del mildiú durante las evaluaciones realizadas en diferentes accesiones. 18
- **Figura 8:** Diferentes grados de severidad de Mildiú empelando la escala desarrollada por Danielsen y Ames. 18
- **Figura 9:** Oosporas de *Peronospora variabilis* provenientes del pericarpio de la semilla de quinua observada a 40 X. 20
- **Figura 10:** Clasificación de las accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) por su grado de susceptibilidad a la enfermedad de mildiú (*Peronospora variabilis*) en condiciones de San Lorenzo- Jauja, Junín, Campaña 2015-2016. 26
- **Figura 11:** Número de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) con diferentes porcentajes de severidad a la enfermedad de mildiú (*Peronospora variabilis*) en condiciones de San Lorenzo- Jauja, Junín, Campaña 2015-2016. 26
- **Figura 12:** Valores de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de mildiú (*Peronospora variabilis*) en 30

accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) moderadamente susceptibles obtenidas en tres evaluaciones realizadas en Junín. Campaña 2015-2016.

- **Figura 13:** Valores de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de mildiú (*Perenospora variabilis*) en accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) muy susceptibles obtenidas en tres evaluaciones realizadas en Junín. Campaña 2015-2016. 30
- **Figura 14:** Número de oosporas de mildiú (*Perenospora variabilis*) en un kilogramo de semillas de accesiones moderadamente susceptibles de quinua (*Chenopodium quinoa*) obtenidas en cuatro evaluaciones realizadas en semillas cosechadas en Junín. Campaña 2015-2016. 33
- **Figura 15:** Número de oosporas de mildiú (*Perenospora variabilis*) en un kilogramo de semillas de accesiones muy susceptibles de quinua (*Chenopodium quinoa*) obtenidas en cuatro evaluaciones realizadas en semillas cosechadas en Junín. Campaña 2015-2016. 33
- **Figura 16:** Grupos de accesiones en función a su potencial de rendimiento de grano kg/ha bajo condiciones de una infección natural de mildiú en Junín. Campaña 2015-2016. 40
- **Figura 17:** Gráfico de dispersión para determinar la correlación entre porcentaje de mildiú y rendimiento, donde R^2 (coeficiente de determinación) indica que el 1.66% de la variación del rendimiento es explicado por la regresión y $R=0.129$ (coeficiente de correlación), por lo tanto se puede afirmar que hay una asociación muy baja entre los valores de rendimiento y porcentaje de infección de mildiú. 40

- **Figura 18:** Grupos de accesiones en función a su mayor contenido de proteína de granos (%) bajo condiciones de una infección natural de mildiú en Junín. Campaña 2015-2016.

46

- **Figura 19:** Gráfico de dispersión para determinar la correlación entre porcentaje de mildiú y porcentaje de proteínas donde R^2 (coeficiente de determinación) indica que el 1.41% de la variación del contenido de proteínas es explicado por la regresión, y $R = 0.129$ (coeficiente de correlación) Por lo tanto se puede afirmar que hay una correlación muy baja entre el porcentaje de proteínas y porcentaje de infección de mildiú.

46

INDICE DE ANEXOS

- **ANEXO 1.** Total de accesiones del banco de germoplasma evaluadas. 55
- **ANEXO 2.** Cuadro con valores de parámetros evaluados en campo. 57
- **ANEXO 3.** Cuadro con los tipos de panoja correspondiente a cada accesión. 60

RESUMEN

Entre los factores bióticos limitantes del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) destaca la enfermedad del mildiú causada por *Perenospora variabilis*. Sus daños originan disminución significativa del rendimiento por reducción del área foliar, existen diferentes formas de control para mildiú, siendo uno de los más importantes la resistencia genética que permite reducir o eliminar el uso de pesticidas, valorado para una producción ecológica en la sierra peruana. La presente investigación se realizó en el Valle del Mantaro-Junín, zona altamente productora de quinua en el Perú, ubicada a 3200 msnm. Los objetivos fueron evaluar la respuesta de 100 accesiones de quinua al mildiú bajo condiciones de infección natural. La evaluación de severidad se realizó empleando la escala de Danielsen y Ames (2000). Se realizaron 3 evaluaciones durante la campaña 2015-2016. Se determinó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), rendimiento y porcentaje de proteínas en grano, Adicionalmente se realizó un estimado del número de oosporas de mildiú por kg de semilla, siguiendo el protocolo descrito por Risco (2014). El desarrollo del mildiú fue favorecido por la alta humedad del ambiente, se observó desde estados iniciales del cultivo. De las 100 accesiones evaluadas se seleccionaron 30 accesiones representativas con infecciones variables desde 30 a 80 por ciento; consideradas como moderadamente susceptibles y muy susceptibles según la escala empleada en la evaluación. Observándose alta variabilidad en las lecturas de severidad dentro de la misma accesión durante diferentes estados fenológicos y en los porcentajes de severidad promedio en diferentes genotipos. Para estas accesiones los valores de ABCPE alcanzan picos más altos a los 104 días después de la siembra, el contenido de oosporas varió desde 1500 a 45000 oosporas/kg de semilla. Los parámetros de rendimiento y proteína en grano no presentaron correlación con el grado de severidad de la enfermedad.

Palabras clave: quinua, accesiones, mildiú, semillas, oosporas.

ABSTRACT

Among the biological factors, limiting the crop of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) one thing that stands out is mildew, a disease caused by *Perenospora variabilis*. Mildew causes a significant decrease in the yield by reduction of the leaf area. There are different forms of control for mildew, one of the most important being genetic resistance which allows the reduction or elimination of the use of pesticides, valued for an ecological production in the Peruvian highlands. The present research was carried out in the Mantaro-Junín Valley, an area in Peru producing large quantities of quinoa, located 3200 meters above sea level. The objectives were to evaluate the response of 100 accessions of quinoa to mildew under conditions of natural infection. Severity assessment were performed using Danielsen and Ames scale (2000). Three evaluations were carried out during the 2015-2016 campaign, from this was determined: the Area Under Disease Progress Curve (AUDPC), yield and percentage of grain proteins, additionally the number of mildew oospores per kg of seed was determined, following the protocol described by Risco (2014). The development of the mildew was encouraged by the high humidity of the environment and was observed from initial crop states. From the 100 accessions evaluated, 30 representative accessions were selected with varying infections ranging from 30 to 80 percent; Considered as moderately susceptible and very susceptible, according to the scale used in the evaluation. High variability was observed in the severity readings within the same accession during different phenological states and in the average severity percentages in different genotypes. For those accessions the AUDPC higher values was expressed at 104 days after sowing, the number of oospores in the quinoa seeds varied from 1500 to 45000 oospores / kg of seed. The parameters of yield and grain protein were not correlated with the severity degree of disease.

Key words: quinoa, accessions, mildew, seeds, oospores.

I. INTRODUCCIÓN

La quinua es un grano andino originario de América del Sur, de las áreas andinas de Perú y Bolivia, es cultivada desde hace 7000 años. En la actualidad se siembra en muchos países del mundo por su importancia nutricional en proteínas, grasas poliinsaturadas, minerales y fibra dietética y además por su capacidad de adaptación a zonas marginales.

La quinua, de acuerdo al ambiente donde se cultive está expuesta al ataque de una serie de plagas y enfermedades. La enfermedad más importante de la quinua es el mildiú, causado por *Peronospora variabilis* Gäum., que afecta principalmente el follaje y puede ocasionar pérdidas significativas en el rendimiento. El mildiú tiene una amplia distribución, se la encuentra infectando campos de quinua en las zonas más productoras de los países de Perú, Ecuador y Bolivia.

Con el aumento significativo del área de cultivo de la quinua en la última década los problemas ocasionados por el mildiú se han incrementado notablemente debido a la alta susceptibilidad de las variedades comerciales y a la existencia de ambientes favorables para su multiplicación. Ante el alto nivel de daño por el *pseudohongo* se procedió al control con aplicaciones múltiples de fungicidas en base a *metalaxil* y otros. Este tipo de control incrementó los costos de producción e influyó en la disminución de los precios al dejar de ser una producción orgánica, altamente apreciada en el mercado nacional e internacional.

Entre los otros métodos de control de la enfermedad, ideal para una producción orgánica destaca la resistencia genética al mildiú. La resistencia genética es el medio de control que no genera o genera menos gastos al agricultor, es amigable con el ambiente y asegura una producción sostenible. Es por ello que la producción de quinua con variedades con resistencia genética al mildiú puede contribuir al desarrollo económico y ecológico de las zonas productoras de la región andina.

Considerando lo anteriormente señalado es muy importante realizar evaluaciones del comportamiento de accesiones del Banco de germoplasma frente a infecciones naturales

de mildiú en una zona productora de quinua tradicional; donde se presentan condiciones favorables para su desarrollo e identificar fuentes de resistencia.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Beneficiar a los productores de quinua mediante la obtención de variedades de plantas que presenten resistencia al mildiú, para eliminar o reducir el número de las aplicaciones de fungicidas y obtener mejores rendimientos.

Objetivos específicos:

- Evaluar la respuesta a la infección natural de mildiú en las accesiones de quinua de diverso origen.
- Determinar el efecto de la infección en el rendimiento y calidad de quinua.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia

La quinua, pertenece a la familia *Amaranthaceae* y subfamilia *Chenopodioideae* es originaria de América del Sur de las regiones andinas de Perú y Bolivia. En estas áreas se encuentra la mayor diversidad de plantas cultivadas y parientes silvestres (Gandarillas 1979, Muñoz *et al.*, 1990). El cultivo de quinua es importante por sus altos valores nutricionales, con un contenido de proteína promedio de 17 por ciento (López 1976). Encontrándose cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO (FAO 2011).

La quinua presenta fácil adaptación a diferentes pisos agroecológicos y suelos, lo cual en los últimos años ha despertado interés entre pequeños productores, empresas agroindustriales, instituciones públicas y privadas. En el Perú es producido en una gran diversidad de zonas agroclimáticas y pisos ecológicos con sistemas tradicionales de producción, procesamiento y distribución.

2.2. Descripción botánica de la quinua

Según Mujica (1988) la quinua es una planta anual de tamaño variable, puede medir desde 1 a 3,5 metros de altura, según los ecotipos, las razas y el medio ecológico donde se cultive, teniendo las características siguientes:

- Raíz. Es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, lo cual le da características de supervivencia condiciones extremas como sequías.
- Tallo. Es casi cilíndrico en la parte del cuello y anguloso desde el comienzo de las ramificaciones, posee una *epidermis cutinizada*, corteza firme, compacta con membranas celulósicas, interiormente contiene una médula que a la madurez desaparece. Su diámetro puede variar desde 1 a 8 centímetros.
- Hojas. Pueden ser alternas, simples, de coloración variada desde verde al rojo.

- Inflorescencia. Es una panoja, formada por un eje central, ejes secundarios y terciarios que sostienen a los *glomérulos* (grupos florales). Se puede observar dos tipos de panojas; en la *amarantiforme* los *glomérulos* nacen del eje secundario; en la *glomerulada* los *glomérulos* nacen en los ejes terciarios. Las panojas pueden ser compactas, intermedias y laxas, dependiendo de la longitud de los ejes de la inflorescencia y de los glomérulos.
- Flores. Son pequeñas pueden alcanzar hasta 3 milímetros, y pueden presentar hasta tres tipos de flores; *hermafroditas* (*pistilo* y *estambres*) se ubican en la parte superior del glomérulo, las *pistiladas* (*femeninas*) ubicadas en la parte inferior del *glomérulo* y las ultimas *androestériles* (*pistilo* y *estambre estériles*).
- Fruto. Es un aquenio cubierto por el perigonio sepaloide de forma de estrella. El aquenio es seco e indehiscente. El aquenio está formado por el pericarpio o envoltura del fruto y la semilla. La semilla tiene una capa externa llamada *episperma*, el órgano de reserva o *perisperma* y el embrión.

2.3. Fenología de la quinua

Se describe la fenología de la quinua mediante la Figura 1.

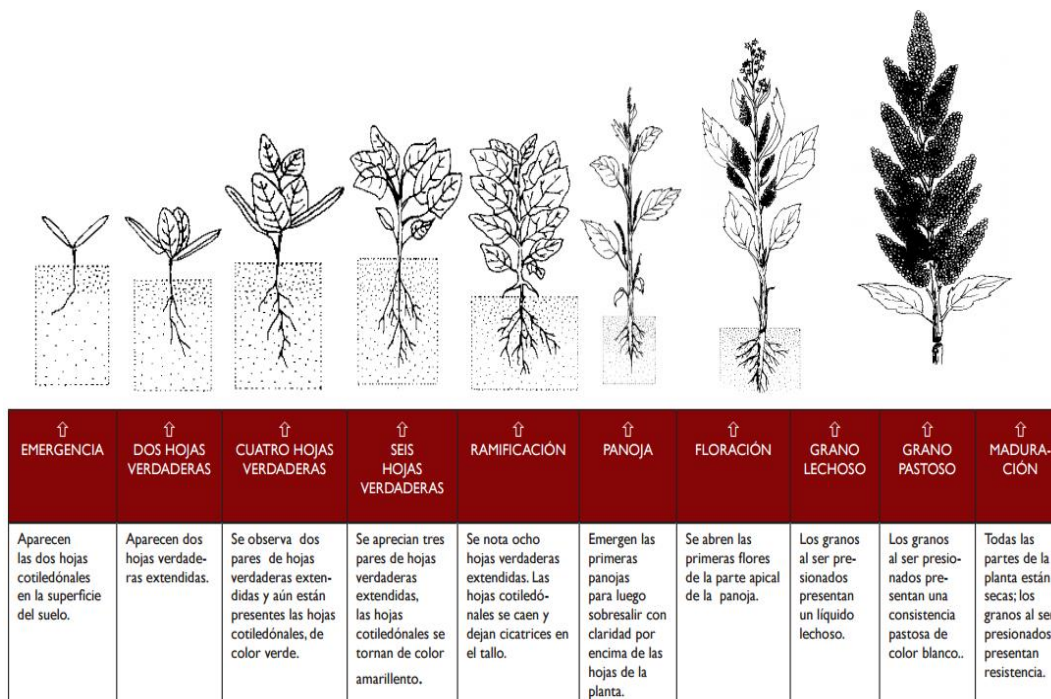


Figura 1: Fases fenológicas de la quinua *Chenopodium quinoa*.

FUENTE: SENAMHI (2011).

2.4. El mildiú de la quinua

Choi *et al.* (2010) indicó que *Peronospora farinosa* posteriormente reconocida como, *Peronospora variabilis* Gäum es la especie que causa la enfermedad de mildiú en quinua, y a través de pruebas moleculares demostraron que todos los aislamientos bolivianos corresponden a *Peronospora variabilis* y reflejan una sola población. Se ha encontrado mildiú donde quiera que se siembre quinua (*Norte América, Sur América, Europa*) siempre y cuando las condiciones climáticas lo permitan. (Solveig y Ames, 2008).

Peronospora variabilis afecta especies de la familia *Chenopodiaceae* a la cual pertenecen los géneros *Beta*, *Spinacia* y *Chenopodium*. Un aislamiento de *Peronospora farinosa* f sp *betae betas* pp., *P farinosa* f.sp. *spinaciae* spp., y *P. variabilis* en *Chenopodium* spp. (Choi *et al.* 2010).

Aislamientos de *Peronospora* de quinua de Argentina, Bolivia, Dinamarca, Ecuador y Perú en un total de 36 fueron estudiados morfológicamente y molecularmente y comparados con especies de *Peronospora* de otras especies de *Chenopodium*. La morfología de los tres especímenes de los herbarios fue similar a *P. variabilis*, el cual provenía de *C. álbum*. Análisis filogenéticos basados en secuencias ITSrDNA también clasificó al patógeno de la quinua en el mismo grupo de *P. variabilis*.

Danielsen *et al.* (2002) informaron la presencia de mildiú en Dinamarca emplearon dos variedades peruanas muy susceptibles Pandela y Toledo para incrementar los 25 aislamientos del hongo identificados y detectaron interacción específica entre genotipos de quinua de diferente origen geográfico y el aislamiento del patógeno, sugiriendo la existencia de diferentes patotipos del hongo.

Testen *et al.* (2012) identificaron la presencia de *Peronospora variabilis* en Pensilvania. La patogenicidad de los dos biotipos fue comprobada mediante la inoculación de quinua con esporangios confirmando los postulados de Koch. Se considera el primer reporte de la presencia de mildiú en Estados Unidos.

Testen *et al.* (2014) empleó el método basado en la reacción de la cadena de la polimerasa (PCR) y el método basado en secuencia para detectar oosporas de *P. variabilis* en semillas de quinua. Se detectaron en 31 de los 33 lotes de semillas. De los cuales 31 eran vendidos para alimento humano con semillas provenientes de seis países diferentes. Se realizaron

otras pruebas filogenéticas tales como ITS (*Internal Transcribed Spacer*) y COX2 (*cytochrome c oxidase subunit 2*) para determinar diferencias geográficas y se detectaron diferencias entre las muestras de sud américa (Ecuador y Bolivia) y las de Estados Unidos. Además de la existencia de *Peronospora sp.*, distinta de *P. variabilis* que origina síntomas similares al del mildiú en Ecuador.

2.4.1. Síntomas en la planta

El mildiú 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. Simultáneamente, la zona clorótica en la cara inferior de la hoja se recubre de un afelpamiento de color gris violeta constituido por las estructuras esporulativas del patógeno. Generalmente al final de la época lluviosa sólo se encuentra hojas con manchas necróticas, pero no se observa la esporulación característica del patógeno en actividad. Los distintos cultivares de quinua reaccionan de manera diferente a la enfermedad. La reacción de la planta ante el ataque de *Peronospora*, o sea la expresión de los síntomas, es influenciada por el genotipo de la planta, por el genotipo del patógeno y por las condiciones del medio ambiente. Así en los cultivares resistentes puede haber una reacción de hipersensibilidad en cuyo caso sólo se observan pequeñas manchas similares a las causadas por picaduras de insectos. En los cultivares más susceptibles en cambio, la mancha se agranda sucesivamente tomando una coloración amarillenta, rojiza o marrón dependiendo del pigmento que predomina en la planta. En una misma hoja es posible encontrar varias manchas pequeñas o pocas manchas grandes que comprenden íntegramente la lámina foliar. Un efecto conocido del mildiú es la defoliación que causa en la planta. Entre más temprana es la infección, mayor es el grado de defoliación. Sin embargo no se sabe hasta qué punto la defoliación observada en campo es causada por mildiú. La planta de quinua se defolia por muchos factores, por ejemplo estrés abiótico producido por sequía y heladas, y por senescencia natural (Bonifacio 2001).

2.4.2. Epidemiología

Cuando se habla de epidemiología, se debe considerar los tres pilares de la enfermedad: patógeno (*P. variabilis*), hospedero (quinua) y condiciones medioambientales favorables

Alandia et al. (1979) indicó que el mildiu puede causar pérdidas en el rendimiento entre 33 y 58 por ciento en condiciones de alta presión de inóculo, pudiendo llegar hasta un 100 por ciento cuando las condiciones son muy favorables para su desarrollo: humedad relativa mayor a 80 por ciento y temperatura entre 15 a 25 °C. Estos son factores determinantes para el crecimiento del patógeno y la diseminación de la enfermedad en campo. Bonifacio (2001) indicó que el mildiú para su expresión requiere de condiciones ambientales más o menos específicas, siendo la humedad relativa del ambiente la condición más preponderante, aunque también se requieren temperaturas relativamente frescas. Por lo tanto, la enfermedad no se presenta con la misma intensidad en las diferentes zonas de producción de quinua. Según Gandarillas (2013) en el caso del mildiú el factor más importante son las condiciones ambientales.

La presencia del rocío al amanecer y su permanencia en la mañana permiten que las esporas germinen y penetren el tejido de la hoja para continuar con los procesos epidemiológicos comunes. La germinación de esporangios depende fundamentalmente de la presencia de humedad relativa alta y persistente. Así que en años de poca precipitación la enfermedad no se presenta o no causa mayor daño (Solveig y Ames, 2008).

La enfermedad puede iniciarse desde que la planta esta pequeña, por el inóculo presente en la semilla infectada. En cámara de crecimiento se ha observado esta infección primaria con esporulación abundante en toda la superficie de las hojas cotiledonales. La infección primaria sirve en el campo como foco de infección y la enfermedad se generaliza en el periodo de cultivo por medio de esporangios que se desplazan por acción del viento y caen en las plantas sanas o en hojas sanas de la misma planta (infección secundaria). La quinua puede ser afectada por mildiú en cualquier momento de su desarrollo, pero el mayor daño por defoliación y consecuente pérdida de rendimiento se produce cuando las infecciones se presentan en los primeros estadios de vida del cultivo.

2.4.3. Métodos de Evaluación

Danielsen y Munk (2004) estudiaron siete métodos de evaluación de la severidad del mildiú (*Perenospora farinosa* f.sp. *chenopodii*) en ocho cultivares de quinua en dos campos experimentales de Perú (Lima y Huancayo). El área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) fue calculada para cada método y correlacionada con el

rendimiento. El método de tres hojas mostró la más alta correlación negativa con el rendimiento ($r=0.736$) y fue considerado como el mejor método para predecir pérdidas de rendimiento y el más fácil, barato y fácilmente aplicable para investigadores y mejoradores de plantas.

2.5. Resistencia Genética al Mildiú

Se han observado diferencias de susceptibilidad al mildiú en algunos cultivares de quinua. En Perú, un estudio de 1976, describe 11 genotipos de quinua como resistentes o moderadamente resistentes a *Peronospora effusa* (antiguo nombre de *Peronospora variabilis*) en las etapas de floración y fructificación (Otazu *et al.*, 1976).

Dentro de los ecotipos de quinua, se señaló que los demás alto grado de resistencia al mildiú fueron las accesiones de los valles de Bolivia, Perú y Ecuador, mientras que los del altiplano sur fueron los más susceptibles. Probablemente esta respuesta al mildiú se debe a que los cultivares de valle han evolucionado en regiones donde la humedad es alta y la enfermedad está muy extendida por lo que se ha originado una resistencia alta a moderada al mildiú; mientras que en el altiplano, donde la humedad ambiental es más baja, los cultivares muestran mayor susceptibilidad (Alfano y Collmer, 1997; Tapia, 1979).

Solveig y Ames (2008) indicaron que la resistencia genética tiene la ventaja de ser un método de control poco costoso, nada nocivo para el medio ambiente y que asegura una producción sostenible. La resistencia vertical ofrece una protección completa hacia cierta raza del patógeno, pero este tipo de resistencia tiende a perderse relativamente rápido debido a cambios en el patógeno (*mutación, selección*). La resistencia horizontal da una protección incompleta pero duradera y es efectiva contra las razas del patógeno.

Gabriel (2010) indicó que la mejora genética de cultivares en función de su adaptación a nichos particulares tiene ventajas y oportunidades de adopción que el desarrollo de un único cultivar para varios ambientes, por lo que la estrategia debe estar dirigida a generar cultivares para nichos particulares.

Muchos investigadores señalan que existen fuentes de resistencia, sin embargo no se informa sobre el tipo de mecanismos genéticos de resistencia (horizontal frente a vertical) (Bonifacio, 2001). Pese a ello, se considera que la susceptibilidad al mildiú está

relacionada con la duración de la época de crecimiento ya que los cultivares precoces parecen ser más susceptibles (Bonifacio y Saravia, 1999).

Según Ortiz (2014) los bancos de germoplasma son reservorios de la agro-biodiversidad, y son principalmente utilizados como fuentes de genes para el mejoramiento genético de los cultivos. Solveig y Ames (2008) indicaron que dentro del germoplasma de quinua existe una amplia variabilidad con respecto a la resistencia al mildiu, pero hasta ahora no se conoce la base genética de esta resistencia, ni si es controlada por genes mayores (*resistencia vertical*) o por genes menores (*resistencia horizontal*).

Según Rojas et al., 2014 existen 30 países en el mundo que conservan quinua y sus parientes silvestres en 59 bancos de germoplasma de semillas, de los cuales 10 se encuentran en América (Argentina, Bolivia; Brasil, Canadá, Colombia, Chile, Ecuador, Estados Unidos, Perú y Uruguay), 11 en Europa (Alemania, Austria, Eslovaquia, España, Hungría, República Checa, Portugal, Reino Unido, Suecia, Turquía y Rumanía), 5 en África (Etiopía, Kenia, Lesoto, Zambia y Sud África), 3 en Asia (India, Japón y Jordania) y Australia. De los cuales los países de la región andina, Bolivia y Perú tienen mayor diversidad (Figura 2).

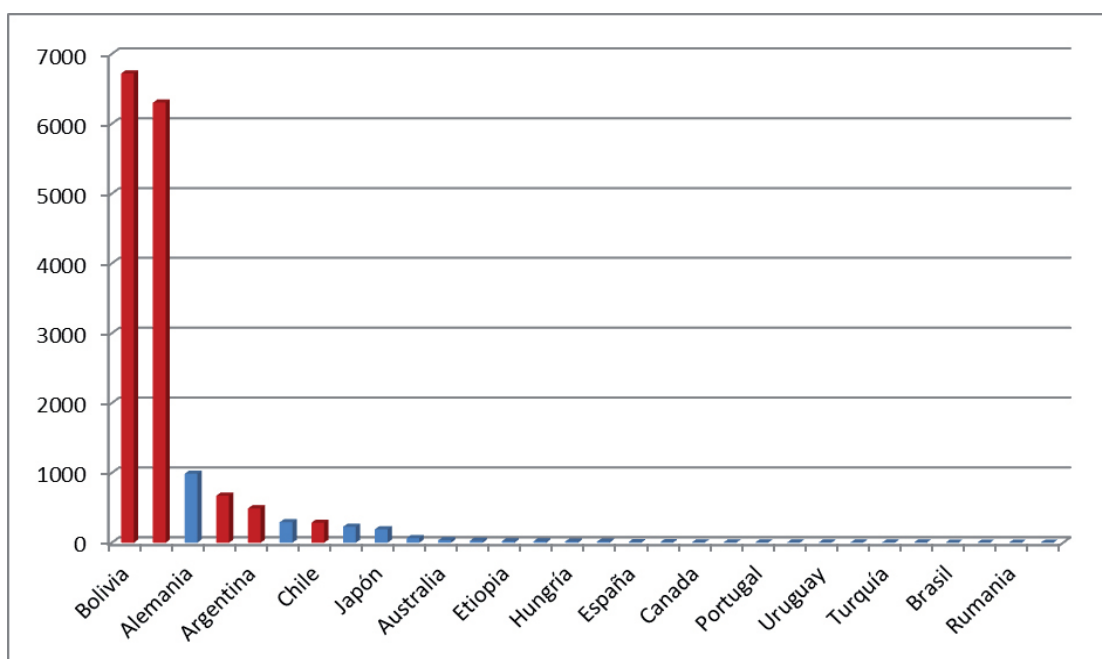


Figura 2: Número de accesiones de quinua que se conservan en el mundo.
FUENTE: Rojas et al., 2014.

De acuerdo a los bancos de germoplasma de quinua en el mundo, Perú tiene ocho bancos de germoplasma que conservan 6302 accesiones de quinua, ubicados en las estaciones experimentales del INIA, en Illpa (Puno), Andenes (Cusco), Canaán (Ayacucho), Santa Ana (Huancayo), Baños del Inca (Cajamarca), en la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima), la Universidad Nacional San Antonio Abad (Cusco) y Universidad Nacional del Altiplano en Puno (Mujica 1992; Bonifacio et al. 2004; Bravo Catacora 2010; Gómez y Eguiluz 2011). De los cuales el mayor número de accesiones pertenecen a la Universidad Nacional Agraria La Molina con 2089 accesiones, (Gómez y Eguiluz 2011).

Ochoa et al. (1999) trabajó con 20 aislamientos de mildiú colectadas en Ecuador las que empleó en la inoculación de quinua, determinándose cuatro grupos de virulencia y tres factores de resistencia. El factor de resistencia R3 se encontró más frecuentemente en plántulas en 13 líneas ecuatorianas de alto rendimiento. No encontró resistencia efectiva para el grupo de virulencia 4. El grupo más virulento del hongo, colectado en la región central del Ecuador. Sugiere emplear las líneas ECU-288 (susceptible), ECU-291 (R1), ECU-470 (R2) y ECU-379 (R3) como líneas diferenciales de quinua para diferenciar grupos virulentos.

Danielsen et al. (1999-2000) señalan que la enfermedad más importante de la quinua en los andes es el mildiú. Evaluaron ocho cultivares en Huancayo-Junino, Perú y encontraron que el cultivar Utusaya, originario de los salares de Bolivia (200 mm anuales de precipitación) fue fuertemente afectada por el mildiú, que causó una defoliación completa, madurez prematura y pérdidas de rendimiento del 99 por ciento. Aun en el cultivar más resistente el rendimiento se redujo en 33 por ciento, indicando el alto grado de destrucción de la enfermedad.

Kumar et al. (2006) estudiaron la respuesta al mildiú de 34 accesiones exóticas de *Chenopodium* spp, con siete accesiones silvestres y 27 accesiones de quinua de diferente origen bajo condiciones naturales de infección en la India. Del total de las 34 accesiones, las siete silvestres y cuatro accesiones PI 510532, CHEN 67/78, Ames 22158 y CHEN 7/81 de *C. quinoa* dieron respuesta inmune /resistentes sugiriendo especialización fisiológica de los *patotipos* para *C. quinoa*.

Kitz (2008) evaluó la resistencia de la quinua al mildiú empleando diversos métodos en cinco líneas de quinua del programa de mejoramiento, informó que la accesión 0654 fue la más resistente, mientras que los genotipos NL6 y Sayana mostraron resistencia moderada.

Gabriel et al. (2012) evaluaron 36 cultivares con dos tipos de control para mildiú y un testigo en Cochabamba. Los resultados mostraron que los cultivares 01Tardia, 08Tardia, 12Tardia, 04Tardia, 11Tardia, 10Tardia, 19Tardia y 18Tardia fueron susceptibles y los cultivares H172, A26, A03, A16, A22, A14, y H171 fueron las más resistentes. Además observaron una alta correlación negativa y significativa entre el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad.

Mhada et al. (2015) señala que se evaluaron setenta y nueve accesiones, conformadas por dos especies silvestres de *Chenopodium album* y *Chenopodium murale* y varias líneas cultivadas de quinua desarrolladas por selección recurrente en Marruecos, por su respuesta a *Perenospora farinosa* causante de la enfermedad de mildiú, aplicado en forma artificial. Consideraron tres criterios de evaluación el progreso de la enfermedad, el periodo de incubación y el periodo de latencia. Las accesiones M2 y S938/1 fueron consideradas resistentes por mostrar los periodos de incubación más largos (7 días) y periodo de latencia (12 días) y la menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad (4). Estas respuestas fueron confirmadas bajo condiciones de campo empleando el método de las tres hojas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

La fase de campo-experimental fue realizada en el Instituto Regional de Desarrollo de Sierra San Juan de Yanamuco, ubicado en los 11° 47' 0.1'' de latitud Sur y los 75° 28' 25.0'' de longitud Oeste, en la localidad de Yanamuco, distrito de San Lorenzo, provincia de Jauja, departamento Junín, a una altitud de 3200 msnm.

Para la fase de laboratorio, se utilizó las instalaciones del Programa de Investigación de Cereales y Granos Nativos de la Facultad de Agronomía, en el Campus de La Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2. Clima

La zona del Valle del Mantaro se caracteriza por ser templado y seco, con una precipitación pluvial anual de 760 mm. Los valores mensuales de temperatura media mensual, humedad relativa media mensual y precipitación media mensual registrados durante la fase de campo del experimento se presentan en las Figuras 3, 4 y 5; desde noviembre del 2015 hasta junio del 2016, los cuales coinciden desde el periodo de siembra hasta la cosecha del cultivo.

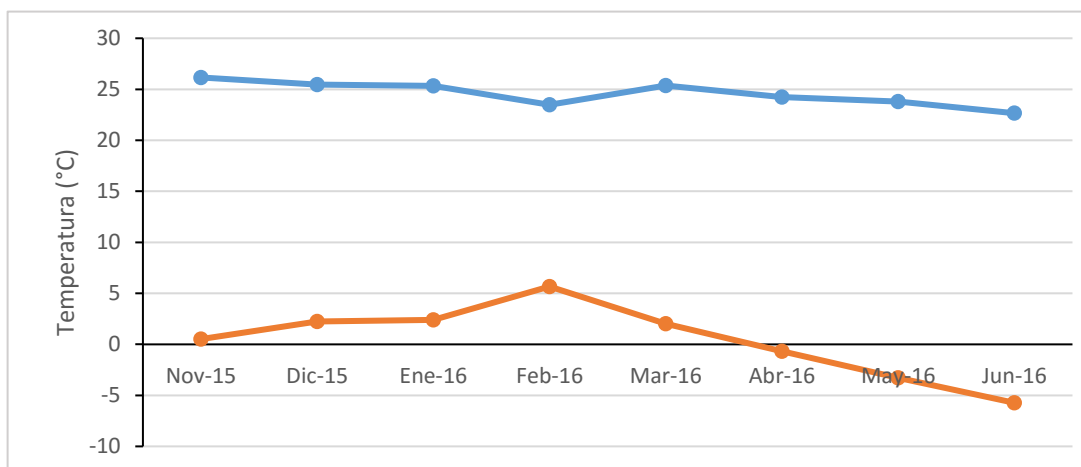


Figura 3: Rango de temperaturas máximas y mínimas mensuales (°C) en el IRD Sierra, Distrito de San Lorenzo- Jauja, Junín. Campaña 2015-2016.

FUENTE: Elaboración propia.

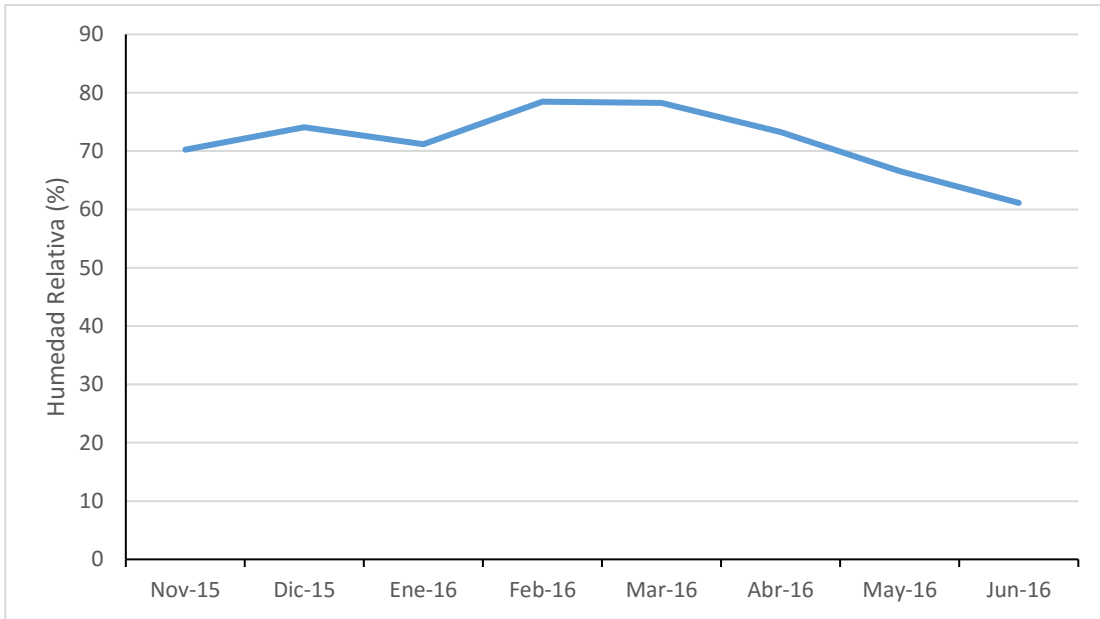


Figura 4: Curva de variación de humedad relativa media mensual (%) en el IRD Sierra, Distrito de San Lorenzo- Jauja, Junín. Campaña 2015-2016.
FUENTE: Elaboración propia.

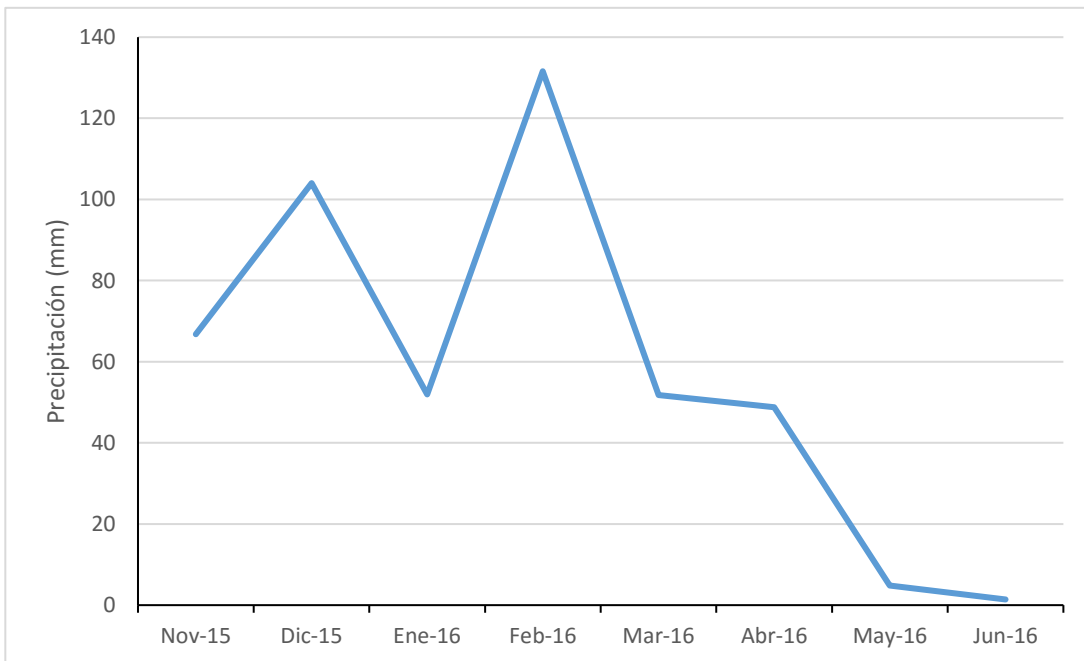


Figura 5: Curva de variación de precipitación media mensual (mm) en el IRD Sierra, Distrito de San Lorenzo- Jauja, Junín. Campaña 2015-2016.
FUENTE: Elaboración propia.

3.3. Material genético

Se trabajó con 100 accesiones del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional Agraria La Molina, las cuales estaban identificadas de acuerdo a su origen, teniendo las denominaciones PEQPC y BGQ (Lista Anexo 1).

3.4. Metodología experimental

3.4.1. Manejo del cultivo

El manejo agronómico empleado fue similar al de un campo comercial de quinua en condiciones de secano y se describe a continuación.

Preparación del terreno

Un día anterior a la siembra se preparó el terreno con un arado de discos y fue surcado de inmediato con una distancia de 0.8m. El cultivo anterior fue cebada.

Siembra

Se realizó la siembra a mano y a chorro continuo empleándose 15 kg/ha. La siembra de las accesiones correspondientes al material PEQPC se realizó el 22 de noviembre del 2015, considerándose como primera lluvia el 30 de Noviembre de 2015, el material de origen BGQ fue sembrado el 07 de diciembre de 2015, considerándose como primera lluvia el 18 de Diciembre de 2015.

Fertilización

Se abonó en dosis de 50- 60- 15 NPK kg/ha al momento de la siembra y una fertilización complementaria en dosis NPK de 46 N kg/ha con Úrea en la etapa de crecimiento (aporque).

Humedad

El experimento se condujo bajo condiciones de secano.

Labores Culturales

Control de malezas:

Para el control de malezas gramíneas se aplicó Centurión el 11 de enero del 2016. El control de malezas de hoja ancha se realizó mediante deshierbos. Complementados con un control físico indirecto por el aporque realizado con maquinaria agrícola.

Control de Plagas Insectiles:

Para el control de insectos se realizaron aplicaciones en tres fechas diferentes:

- 0.5 l *Stermin*, 0.5 *CIPMOR* 200 gr de *Lanate* por cilindro, el día 20 de enero de 2016.
- 0.5 l de *Furadan*, 0.5 *Stermin*, 200 gr de *Lanate* por cilindro el día 29 de febrero de 2016.
- 0.5 l de *Furadan*, 0.5 l *Bidrin* por cilindro el día 06 de abril del 2016.

Cosecha, trilla y venteo

La cosecha fue gradual en función al grado de madurez del grano. Se realizó manualmente cortando las plantas al ras del suelo, entre el 15 de mayo al 15 de junio del 2016.

3.4.2. Evaluación

a. Fase de campo

- **Días a la floración**

Número de días transcurridos desde la fecha de siembra con humedad adecuada hasta que el 50 por ciento de plantas de cada parcela presentarán presencia de flores abiertas con anteras visibles en antesis.

- **Días a la maduración**

Número de días transcurridos desde la fecha de siembra con humedad adecuada hasta que el 50 por ciento de plantas de cada parcela presentaran el estado de grano pastoso rayable a la uña.

- **Altura de planta**

Se seleccionó una planta representativa y se tomó la altura de planta un día antes de iniciar la cosecha, con una regla graduada desde la base de la planta hasta el punto apical de la panoja.

- **Tipo de panoja**

Se clasificaron las plantas de acuerdo al tipo de panoja que presentaron para posteriormente agruparlas y facilitar los análisis, debido a la cantidad de muestra.

- **Rendimiento**

Se estimó a partir de la cosecha de los dos surcos centrales de cada parcela.

b. Evaluación de la enfermedad de mildiú

Se siguió el siguiente procedimiento; descrito como Protocolo 10 en Danielsen y Ames (2000):

- De cada parcela se escoge al azar el número de plantas que se considera necesario para obtener un valor representativo. Generalmente entre 6 a 10 plantas por parcela
- De cada planta se escoge 3 hojas al azar, una de cada tercio
- Se evalúa el porcentaje de área afectada de cada hoja usando el gráfico adjunto. El promedio de las tres lecturas equivale al valor de la severidad de cada planta

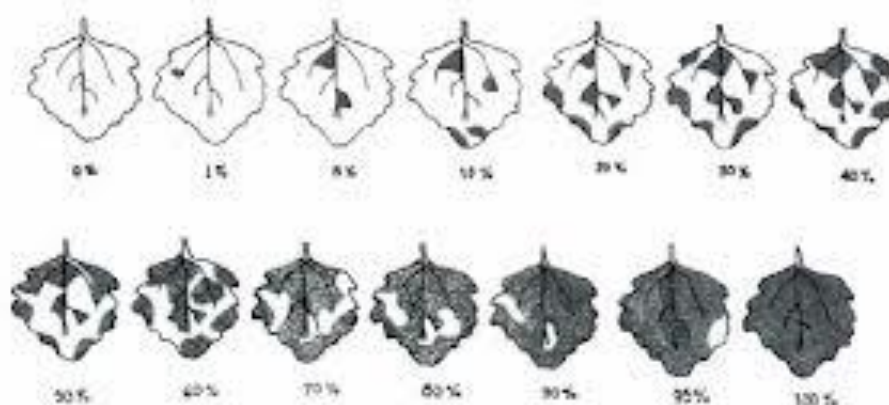


Figura 6: Índice de esporulación para determinar susceptibilidad o resistencia al mildiú.

FUENTE: Danielsen y Ames 2000.

En la Tabla 1 y en las Figuras 7 y 8 se presenta la calificación del grado de resistencia por Danielsen y Ames (2000) y se considera de acuerdo a estos resultados que las plantas seleccionadas estarían consideradas como moderadamente resistentes a moderadamente susceptibles.

Tabla 1: Escala de evaluación de la reacción a mildiú (*Perenospora farinosa* f.sp. *chenopodii*) en hojas primarias de quinua (*Chenopodium quinoa*).

ESCALA	% DE HOJA INFECTADA	CLASE
0	0	Inmune
1	0 - 10	Muy resistente
2	11 - 25.	Moderadamente resistente
3	26 - 50	Moderadamente susceptible
4	51 - 100	Muy susceptible

FUENTE: Danielsen y Ames (2000).

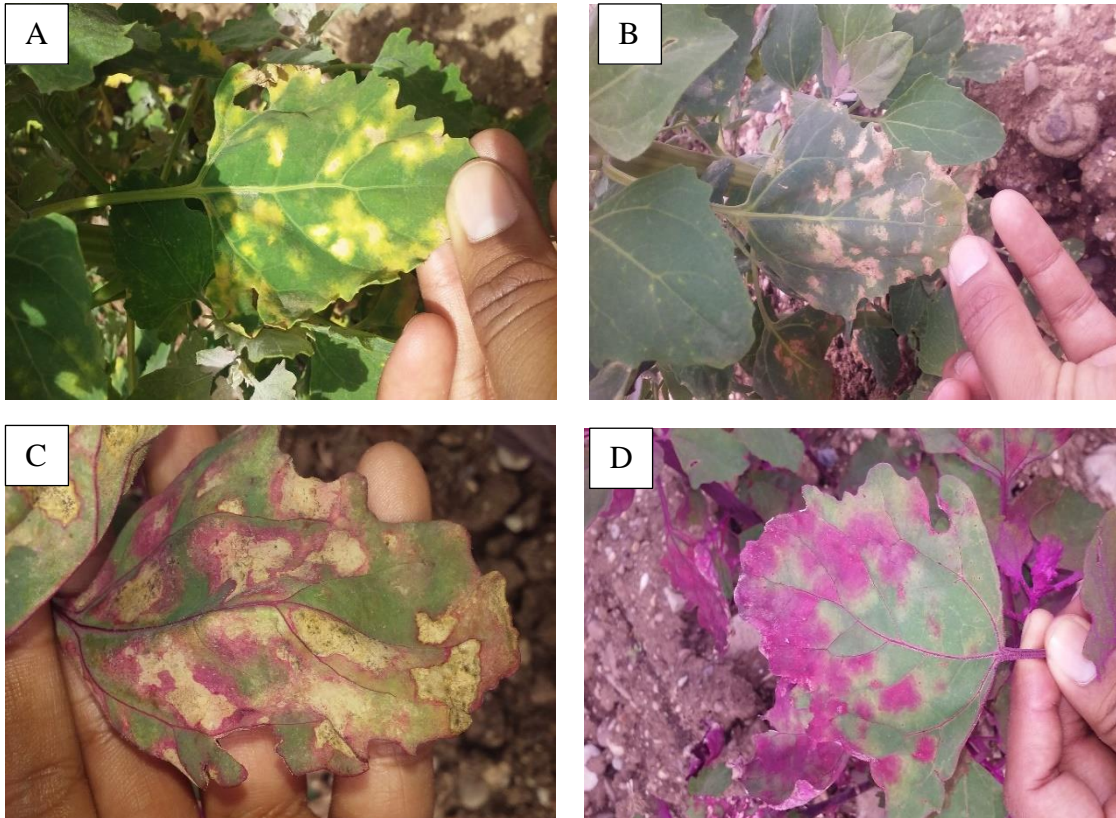


Figura 7: (A, B, C, D) Síntomas del Mildiú durante las evaluaciones realizadas en diferentes accesiones.

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 8: Diferentes grados de severidad de Mildiú empleando la escala desarrollada por Danielsen y Ames.

FUENTE: Elaboración propia.

c. ABCPE (Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad)

Se realizaron tres evaluaciones durante la campaña. Los valores de severidad fueron empleados para calcular el valor del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), en inglés “*area under disease progress curve*” (AUDPC) que es un parámetro útil para comparar resistencia/susceptibilidad entre diferentes genotipos de quinua y el comportamiento de los genotipos bajo diferentes ambientes climáticos.

La fórmula es:

$$ABCPE = \sum_{i=1}^n [(X_{(i+1)} + X_i)/2](t_{(i+1)} - t_i)$$

Donde X_i representa la observación correspondiente al tiempo i , X_{i+1} es la observación correspondiente al tiempo $i+1$, t_i es el número de días a partir de la primera evaluación hasta el día de la i -énima evaluación (Campbell y Madden, 1990).

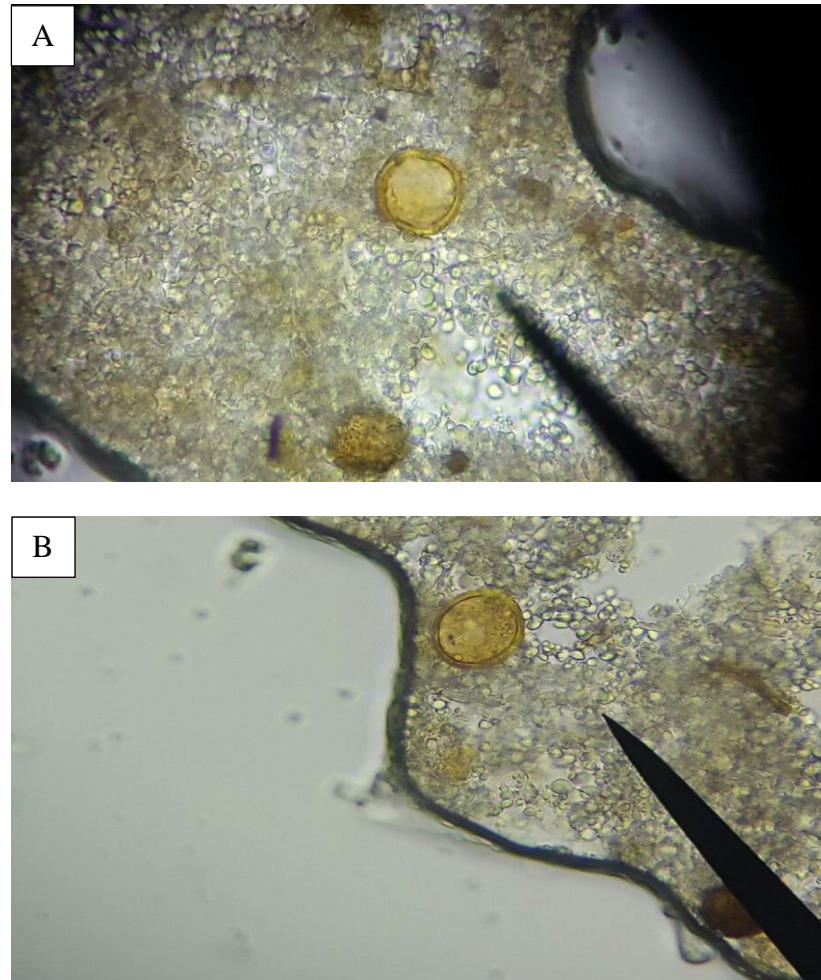
d. Fase de laboratorio

- **Cuantificación de oosporas en semillas**

Risco (2014), empleó un método combinado y modificado por Danielsen (2008), para *P. variabilis* en quinua y Pathank, 1978 para *P. manshurica* en soya.

Para la evaluación de oosporas de mildiú, en la presente tesis se seleccionaron 30 accesiones al azar representativas de los grados de severidad. Se adaptó el método de Risco (2014) del siguiente modo: Se pesó un gramo de semilla de quinua y se colocó en un tubo de prueba de plástico, se remojaron las semillas con 10 ml de agua, durante 60 min, se agitó por dos minutos seguidos con ayuda del agitador mecánico (desarrollado para evaluar saponinas), se realizaron 4 repeticiones con descansos de 15 min. Se tomaron 5 ml de suspensión que fueron centrifugados durante 6 min a velocidad de 2500 rpm aproximadamente; en una centrífuga tipo centrífuga *Beckman Modelo TJ - 6*. El

sobrenadante se eliminó y el sedimento fue suspendido en seis gotas de agua, se tomó dos gotas de la suspensión y se colocó en un porta objetos. Las muestras fueron examinadas con ayuda de un microscopio a 40X. Se repitió cuatro veces las lecturas para cada genotipo seleccionado, los resultados se presentan en la Figura 9.



**Figura 9: (A y B) Oosporas de *Peronospora variabilis* provenientes del pericarpio de la semilla de quinua observadas a 40X.
FUENTE: Elaboración propia.**

e. Determinación de caracteres de calidad

- **Contenido de proteína**

Para determinar el contenido de proteínas se usó el Analizador de Alimentos Infratec 1255, un instrumento para la determinación simultánea y exacta de los componentes de los alimentos o productos de grano.

3.4.3. Diseño experimental

El material se estudió bajo un sistema de “parcelas de observación”, sin repeticiones. Se trabajó en dos grupos los cuales fueron instalados en diferentes momentos; en el primer grupo correspondiente a las accesiones de origen PEQPC se establecieron en parcelas experimentales de 2 metros de longitud, 0.75 m de distancia entre surcos, en un área neta de 9 m² (6 surcos/accesión). El segundo grupo correspondiente a las accesiones de origen BGQ se establecieron en parcelas experimentales de 4 m de longitud, 0.75 m de distancia entre surcos, en un área neta de 12 m² (4 surcos/accesión). La diferencia del tamaño de parcelas se debió a la cantidad de semillas disponibles.

Los datos son presentados en plantillas excel, histogramas, gráficos. Se determinaron correlaciones datos de estadística general.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la respuesta a la infección natural de mildiú en las accesiones de quinua de diverso origen.

Los resultados obtenidos para este primer objetivo se presentan considerando la presencia de los síntomas de la enfermedad (áreas cloróticas, rojizas, necróticas y defoliación en intensidades avanzadas; dependiendo del genotipo y de la época de evaluación), las evaluaciones del grado de severidad o porcentaje de área foliar con síntomas de la enfermedad el análisis del Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) y cuantificación de oosporas en semillas

4.1.1. Grado de severidad

Se evaluaron 100 accesiones por su respuesta a la infección del hongo *Perenospora variabilis* causante de la enfermedad de mildiú, el rango vario de 30 a 80 por ciento de severidad o área foliar cubierta por la enfermedad; correspondiendo el valor más bajo a la accesión BGQ 56 y el más alto a BGQ 29. Los resultados de la media final de tres evaluaciones durante la campaña se presentan en la Tabla 2. Considerando la clasificación propuesta por Danielsen y Ames (2000) presentada en el Tabla 2, se puede observar que 39 accesiones pueden ser clasificadas como *moderadamente susceptibles* y 61 accesiones como *muy susceptibles* (Figura 10). Se encontró una sola accesión con 30 por ciento de severidad. Trece accesiones con 31 a 40 por ciento, veinticinco accesiones con 41 a 50 por ciento, treinta y seis accesiones con 51 a 60 por ciento, diecisiete accesiones con 61 a 70 por ciento y 8 accesiones con 71 a 80 por ciento de severidad (Figura 11).

Estos resultados muestran la gran susceptibilidad de las accesiones de quinua evaluadas y esto es corroborado por las investigaciones similares realizadas en Huancayo por Danielsen et al (1999-2000) en su evaluación de 8 variedades de quinua en Huancayo-Junín, Perú llegaron a concluir que es la enfermedad más importante de

la quinua, originando daños muy severos especialmente en la variedad Utusaya, originario de los salares de Bolivia

Se observó que las accesiones con periodos vegetativos tardíos siguieron la tendencia de ser moderadamente susceptibles y las accesiones con periodos vegetativos precoces muy susceptibles (Anexo 2), lo cual sigue la tendencia de los estudios observados por Bonifacio y Saravia (1999).

Tabla 2: Valores medios de severidad o porcentaje de área foliar con síntomas del hongo de mildiú *Perenospora variabilis* observadas en 100 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de San Lorenzo-Jauja, Junín, Campaña 2015-2016.

Moderadamente Susceptible		Muy Susceptible			
NOMBRE	MILDIU (%)	NOMBRE	MILDIU (%)	NOMBRE	MILDIU (%)
BGQ 56	30	BGQ 2	53.3	PEQPC-1979	60
PEQPC-2161	33.3	BGQ 27	53.3	PEQPC-2034	60
PEQPC-0326	33.3	BGQ 35	53.3	PEQPC-2116	60
PEQPC-0595	33.3	BGQ 47	53.3	POEQ-252 VM08B	60
PEQPC-2235	33.3	BGQ 72	53.3	PEQPC-2041	60
PEQPC-2196	33.3	PEQPC-0544	53.3	PEQPC-2084	60
PEQPC-2073	36.7	PEQPC-0563	53.3	BGQ 1	63.3
PEQPC-0633	36.7	PEQPC-0648	53.3	BGQ 12	63.3
PEQPC-0791	36.7	PEQPC-0658	53.3	BGQ 21	63.3
PEQPC-1091	36.7	PEQPC-0508	53.3	BGQ 46	63.3
BGQ 57	40	PEQPC-1144	53.3	BGQ 53	63.3
BGQ 63	40	PEQPC-2028	53.3	PEQPC-0592	63.3
BGQ 74	40	PEQPC-2019	53.3	PEQPC-2138	63.3
PEQPC-0795	40	PEQPC-0710	53.3	PEQPC-0792	63.3
PEQPC-2000	43.3	BGQ 61	56.6	BGQ 34	66.7
PEQPC-0415	43.3	BGQ 6	56.7	BGQ 67	66.7
PEQPC-0821	43.3	BGQ 44	56.7	BGQ 76	66.7
PEQPC-0820	43.3	BGQ 59	56.7	PEQPC-2162	66.7
PEQPC-0544	43.3	BGQ 71	56.7	PEQPC-0511	66.7
BGQ 58	46.7	PEQPC-0648	56.7	BGQ 42	70
BGQ 73	46.7	PEQPC-2017	56.7	BGQ 77	70
PEQPC-1978	46.7	PEQPC-2088	56.7	PEQPC-1970	70

Continuación

Moderadamente Susceptible	
PEQPC-0325	46.7
PEQPC-0547	46.7
PEQPC-2012a	46.7
PEQPC-2018	46.7
PEQPC-2012b	46.7
PEQPC-1555	46.7
PEQPC-1592	46.7
BGQ 51	50
BGQ 66	50
BGQ 69	50
PEQPC-1891	50
PEQPC-2020	50
PEQPC-0331	50
PEQPC-2023	50
PEQPC-1904	50
PASANKALLA	50
PEQPC-1934	50

Muy Susceptible			
PEQPC-0895	56.7	PEQPC-2029	70
PEQPC-1944	56.7	BGQ 49	73.3
BGQ 15	60	PEQPC-1941	73.3
BGQ 60	60	PEQPC-1952	73.3
BGQ 64	60	PEQPC-1950	73.3
BGQ 68	60	BGQ 5	76.7
BGQ 70	60	BGQ 36	76.7
BGQ 75	60	PEQPC-1953	76.7
		BGQ 29	80

FUENTE: Elaboración propia.

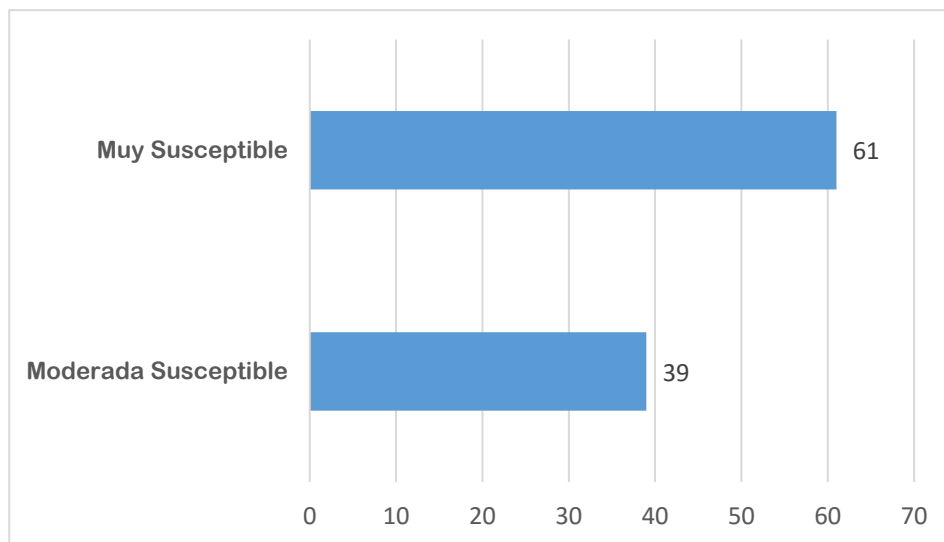


Figura 10: Clasificación de las accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) por su grado de susceptibilidad a la enfermedad de mildiú (*Perenospora variabilis*) en condiciones de San Lorenzo-Jauja, Junín, Campaña 2015-2016.

FUENTE: Elaboración propia.

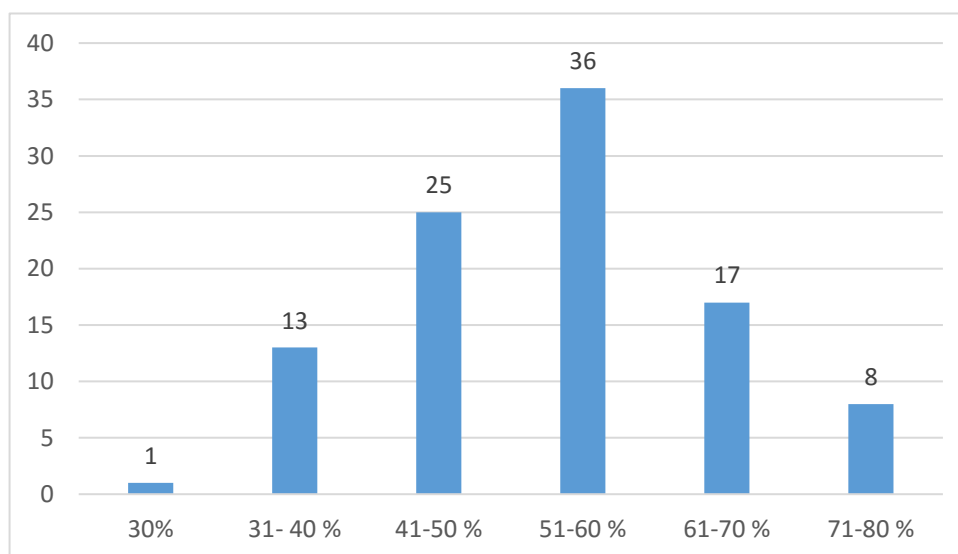


Figura 11: Número de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) con diferentes porcentajes de severidad a la enfermedad de mildiú (*Perenospora variabilis*) en condiciones de San Lorenzo-Jauja, Junín, Campaña 2015-2016.

FUENTE: Elaboración propia.

4.1.2. Análisis del Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE)

En la tabla 3 se presenta la información de los valores hallados del ABCPE para 30 accesiones seleccionadas al azar, 15 del grupo calificado como moderadamente susceptible y 15 del grupo muy susceptible.

La primera evaluación fue realizada a los 56 días después de la siembra para las accesiones BGQ y 44 días después de la siembra para el grupo PEQPC. El grupo *moderadamente susceptible* tuvo un rango de ABCPE de 0 a 2240; correspondiendo el valor menor a las accesiones PEQPC- 0791, PEQPC-0795 y PEQPC-2196 y el más alto a la accesiones BGQ 69, con una lectura de mildiú de 80 por ciento de severidad; respectivamente. Por otro lado en el grupo *muy susceptible*, el rango de ABCPE fue igual a 660 – 2240; el valor más bajo fue observado en la accesión PEQPC-2088 y el más alto en BGQ 29 y BGQ 36, con una severidad de 30 y 80 por ciento, respectivamente.

La segunda evaluación de ABCPE fue realizada a los 104 días después de la siembra para el grupo BGQ y 75 días para PEQPC. El grupo *moderadamente susceptible* tuvo un rango de ABCPE para la primera lectura de 1085 a 2880; corresponde el valor menor al a la accesión PEQPC-2196 y el más alto a las accesiones BGQ 69, con una lectura de mildiú de 70, y de 40 por ciento de severidad; respectivamente. Por otro lado en el grupo *muy susceptible*, el rango de ABCPE fue igual a 1550 – 4080; el valor más bajo fue observado en la accesión PEQPC-2088 y el más alto en BGQ 29, con una severidad de 70 y 90 por ciento de severidad respectivamente.

La tercera evaluación fue realizada a los 133 días después de la siembra para BGQ y 124 días después de la siembra para PEQPC. El grupo *moderadamente susceptible* tuvo un rango de ABCPE para la primera lectura fue de 1015 a 3185; corresponde el valor menor al a la accesión BGQ 69 y el más alto a las accesiones PEQPC-2023, con una lectura promedio de mildiú de 30 y 50 por ciento de severidad; respectivamente. Por otro lado en el grupo *muy susceptible*, el rango de ABCPE fue igual a 1740 – 4410. El valor más bajo fue observado en la accesión PEQPC-2019 y el más alto en PEQPC-1952, con una severidad de 50 y 90 por ciento de severidad respectivamente.

Tabla 3: Valores de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de la enfermedad de mildiú (*Peronospora variabilis*) en accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) obtenidas en tres evaluaciones realizadas en Junín. Campaña 2015-2016.

Moderadamente susceptible	ABCPE (1)	ABCPE (2)	ABCPE (3)	Muy susceptible	ABCPE (1)	ABCPE (2)	ABCPE (3)
PEQPC- 0326	220.0	2160	2205	BGQ 29	2240	4080	2320
PEQPC- 2196	0.0	1085	2450	BGQ 36	2240	3840	2175
PEQPC- 2073	280	1395	2450	BGQ 42	1960	3600	2030
PEQPC- 0633	0	1085	2695	BGQ 77	1960	3360	2030
PEQPC- 0791	0	1085	2695	PEQPC- 1941	1320	2325	3920
PEQPC- 1091	220.0	1920	2450	PEQPC- 1952	880	2015	4410
BGQ 57	560	1920	1450	PEQPC- 1953	1540	2480	3920
BGQ 63	840	1440	1305	PEQPC- 1970	1320	2170	3675
PEQPC- 0795	0.0	1240	2940	PEQPC- 2029	880	2015	3920
PEQPC- 0544	660.0	1550	2450	PEQPC- 1950	1320	2325	3920
PEQPC- 2023	660.0	1550	3185	BGQ 35	1120	2880	1740
PEQPC- 2020	660.0	1705	2940	BGQ 46	1120	2640	2175
PEQPC- 1891	660.0	2860	2940	PEQPC- 2088	660	1550	3430
BGQ 66	1680.0	2640	1305	PEQPC- 1144	840	1705	3185
BGQ 69	2240.0	2880	1015	PEQPC- 2019	1120	1705	1740

FUENTE: Elaboración propia.

En las Figuras 12 y 13 se pueden apreciar un incremento de la severidad de la enfermedad desde la siembra, observándose el pico más alto de ABCPE a los 104 días en todos los genotipos evaluados en diferentes intensidades y una reducción de la severidad desde los 104 a los 133 días de evaluación. León (2003) y Risco (2014) encontraron incrementos de la enfermedad en los tratamientos estudiados entre los 55 y 60 días, explicando que esto probablemente se debe a que las plantas en este periodo emplean toda la energía para el crecimiento vegetativo que se expresa en una mayor masa foliar y que favorece la formación de microambientes favorables para el desarrollo del patógeno y una menor energía para emplear los mecanismos de defensa contra los estreses bióticos. De igual modo Kumar et al. (2006) señala que el valor más alto de ABCPE fue observado a los 65 días en un estudio realizado en la India con diferentes genotipos de quinua. Todos estos autores señalan la posterior disminución de la intensidad de la enfermedad expresada en un menor ABCPE; lo que también fue observado en la presente investigación.

La enfermedad se vio favorecida por las condiciones climáticas de los meses de enero, febrero y marzo. Las temperaturas mínimas estuvieron en el rango de 2 a 6 °C y las máximas 23 a 25 °C. La humedad ambiental tuvo un rango de 71 a 78 por ciento y la precipitación de 51 a 132 mm, para estos meses. Durante el periodo de crecimiento los meses con mayor precipitación fueron diciembre y febrero (Figuras del 3 al 5). Estos valores de los componentes del clima son similares a aquellos reportados como favorables para el hongo. Alandía *et al.* (1979) indicó que el mildiu para su desarrollo requiere de humedad relativa mayor a 80 por ciento y temperatura entre 15 a 25 °C. Bonifacio (2001) indicó que el mildiú es favorecido por una humedad del ambiente alta y temperaturas relativamente frescas. Por otro lado Kitz (2008) señala que niveles de baja humedad (60 a 70 por ciento) también favorecieron el desarrollo de la enfermedad.

Si bien es cierto los factores determinantes para el desarrollo del mildiu son la alta humedad relativa (>80 por ciento) y las temperaturas oscilantes entre 18 a 22°C, bajo las condiciones ambientales de nuestro campo, uno de los factores clave fueron las precipitaciones que generaron periodos de humedad favorables para la infección y permitieron el desarrollo del patógeno.

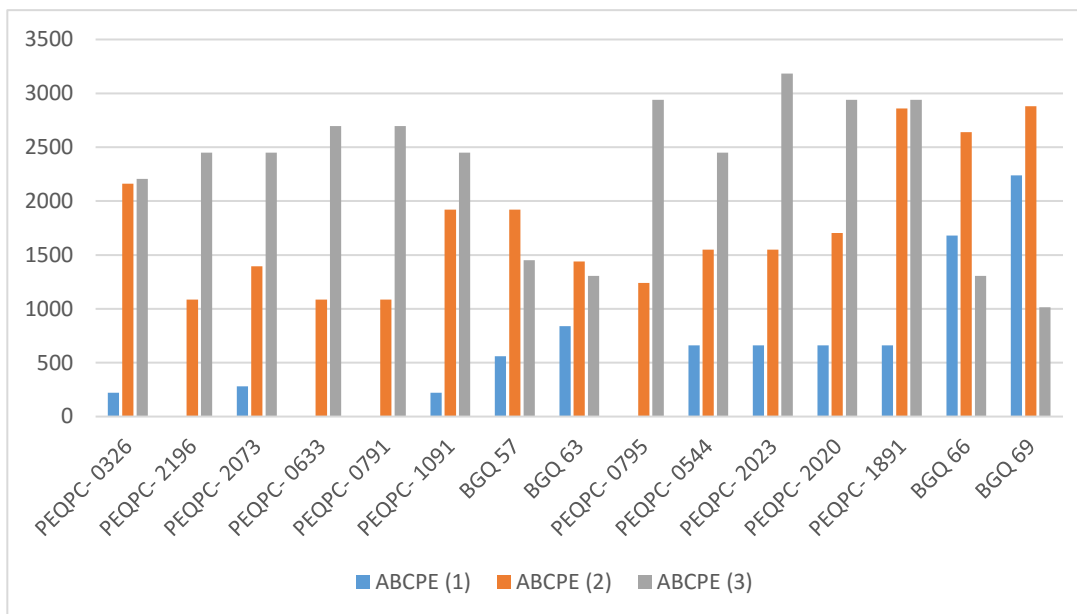


Figura 12: Valores de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de mildiú (*Perenospora variabilis*) en accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) moderadamente susceptibles obtenidas en tres evaluaciones realizadas en Junín. Campaña 2015-2016.

FUENTE: Elaboración propia.

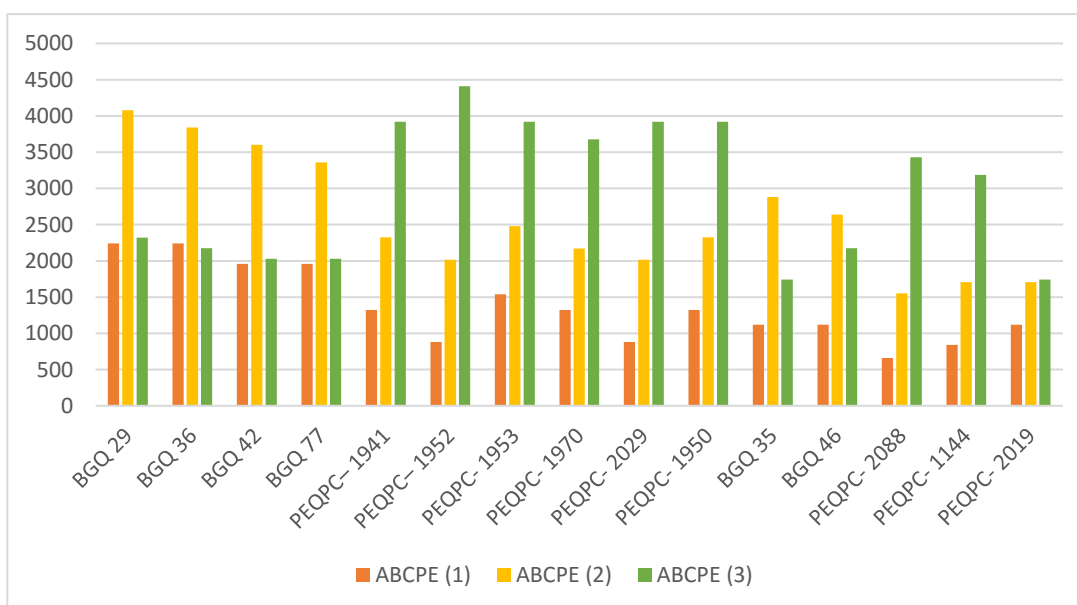


Figura 13: Valores de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de mildiú (*Perenospora variabilis*) en accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) muy susceptibles obtenidas en tres evaluaciones realizadas en Junín. Campaña 2015-2016.

FUENTE: Elaboración propia.

4.1.3. Evaluación del número de oosporas en un kilogramo de semillas

Las oosporas son estructuras de conservación del mildiú; de forma esférica, con pared delgada en estado inmaduro y gruesa a la madurez, con color anaranjado intenso, se encuentran sobre el pericarpio de las semillas. Se procedió a su contaje con la metodología descrita en el capítulo de materiales y métodos. En la Tabla 4 y las Figuras 14 y 15 se muestran los resultados observados para los grupos de quinua estudiados.

En el primer grupo *moderadamente susceptibles* se observó un rango de 1500 a 7500 oosporas/kg de semillas; el valor más bajo corresponde a la accesión PEQPC-0791 y el valor más alto a las accesiones PEQPC-2010 y BGQ 66; con valores en la última evaluación de ciclo de 40 por ciento de severidad en el follaje. En el segundo grupo *muy susceptibles*, el rango fue de 12000 a 45000 oosporas /kilogramo de semillas, el valor más bajo fue observado en las accesiones BGQ 35 y BGQ 46 y el valor más alto corresponde a PEQPC-1953, con valores de 40, 80 y 70 por ciento de severidad en el follaje.

Risco (2014) en un estudio realizado en condiciones de La Molina con diversos tipos de control de mildiú de la quinua reporta 17500 oosporas/kg de semilla de quinua en el testigo y un rango de 3500 a 16000 oosporas/kg de semilla en los diversos tratamientos de control, señalando que los valores más bajos tratamientos fosfito de potasio más fermentados de sólidos solubles (FP+A) y *metalaxyl* (TM).

Según Ochoa (2014) la transmisión de oosporas por semilla de quinua es eficiente y es el inóculo primario más importante de la enfermedad, según los resultados obtenidos la cantidad de oosporas tiene una relación directamente proporcional al desarrollo de la infección en la primera etapa fenológica, de tal manera que encontramos cantidades altas en accesiones cuya en la primera evaluación foliar han tenido porcentaje de infección mayores al 70 por ciento y los valores más bajos en las accesiones cuyo porcentaje de infección es menor al 10 por ciento, realizadas en la primera lectura.

Tabla 4: Número de oosporas del hongo del mildiú (*Perenospora variabilis*) en un kilogramo de semillas de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) obtenidas en cuatro evaluaciones realizadas en semillas cosechadas en Junín. Campaña 2015-2016.

Accesiones Moderadamente Susceptibles	Mildiu % (133 días)	N° Oosporas/kg semillas	Accesiones Muy susceptibles	Mildiu % (133 días)	N° Oosporas/kg de semillas
PEQPC-2196	30	5000	PEQPC-2088	70	16500
PEQPC-0791	40	1500	PEQPC - 1144	50	19500
PEQPC-0795	40	4500	PEQPC - 1952	90	27000
PEQPC-0326	10	1500	BGQ 35	40	12000
PEQPC-2073	20	4500	BGQ 46	80	12000
PEQPC-0633	20	1500	PEQPC - 2019	50	15000
PEQPC-1091	30	6500	PEQPC - 2029	80	13500
PEQPC - 2023	50	6000	PEQPC - 1941	70	13500
BGQ 57	40	4500	PEQPC - 1970	70	16500
PEQPC - 2020	40	7500	PEQPC - 1950	70	13500
PEQPC - 1891	30	5500	BGQ 42	60	18000
BGQ 63	60	6500	BGQ 77	70	15000
PEQPC - 0544	30	2000	PEQPC - 1953	70	45000
BGQ 66	40	7500	BGQ 29	70	16500
BGQ 69	30	1500	BGQ 36	70	19500

FUENTE: Elaboración propia.

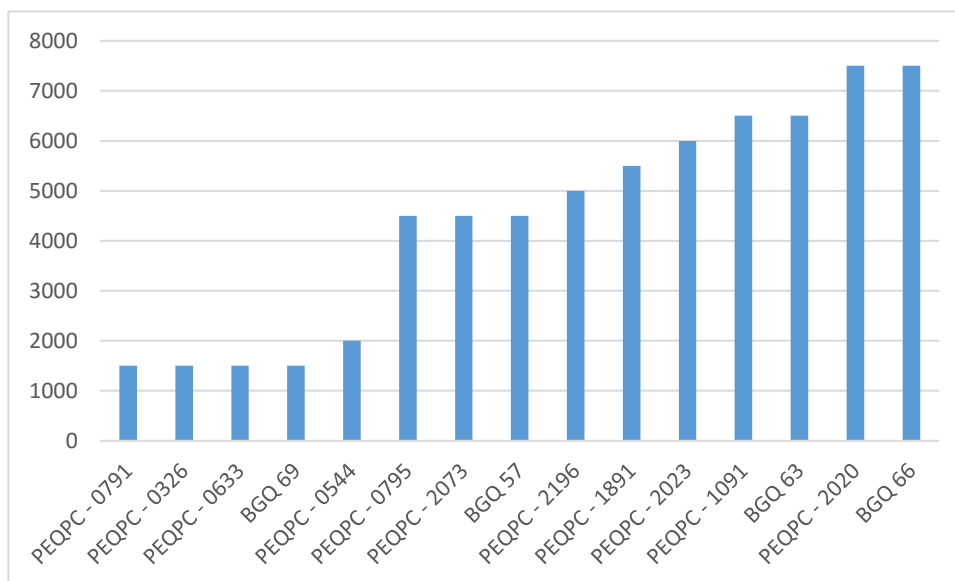


Figura 14: Número de oosporas de mildiú (*Perenospora variabilis*) en un kilogramo de semillas de accesiones *moderadamente susceptibles* de quinua (*Chenopodium quinoa*) obtenidas en cuatro evaluaciones realizadas en semillas cosechadas en Junín. Campaña 2015-2016.
Fuente: Elaboración propia.

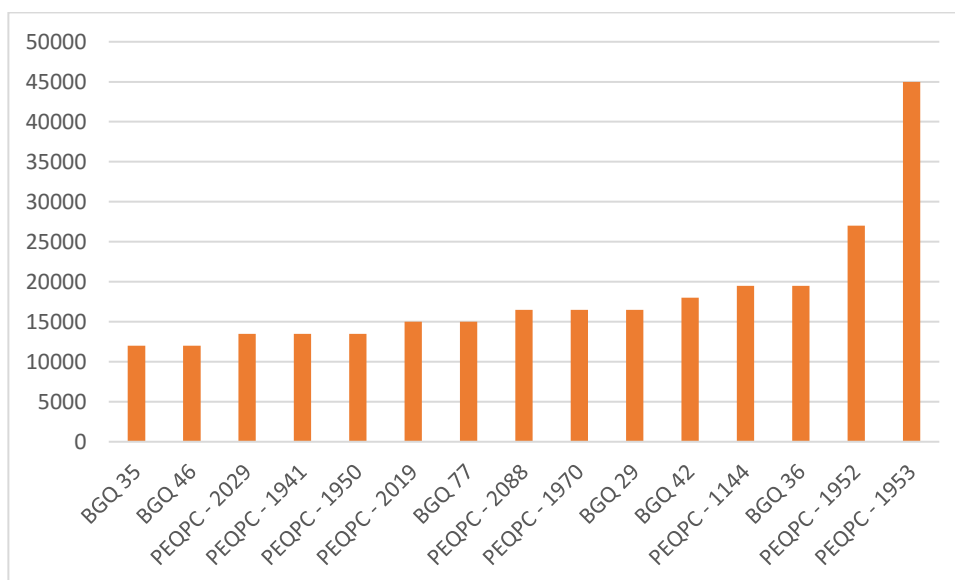


Figura 15: Número de oosporas de mildiú (*Perenospora variabilis*) en un kilogramo de semillas de accesiones *muy susceptibles* de quinua (*Chenopodium quinoa*) obtenidas en cuatro evaluaciones realizadas en semillas cosechadas en Junín. Campaña 2015-2016.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Determinación del efecto de la infección en el rendimiento y calidad de quinua.

a. Efecto de la Infección de mildiú en el rendimiento de granos de quinua

En la Tabla 5 se presenta los datos de rendimiento de grano de las accesiones evaluadas en condiciones de Junín (IRD-Sierra) Campaña 2015-2016 bajo condiciones de infección natural. Se puede apreciar un rango de rendimiento de 94 kg/ha a 3028 kg/ha. El valor más bajo corresponde a la accesión BGQ 44 y el más alto a la accesión PEQPC-2088; con valores medios de severidad igual a 56.7 por ciento.

Observando el valor medio de severidad o porcentaje de área foliar con síntomas, se puede apreciar que no existe relación entre el grado de severidad de mildiú y el rendimiento; ya que se presentan tanto genotipos con baja severidad y bajos rendimientos, como alta severidad y altos rendimientos. En la Figura 17, se observa un valor de coeficiente de correlación entre rendimiento y porcentaje de severidad, igual a $r = 0.129$; no significativo.

En la Figura 16 se puede apreciar siete accesiones con rendimientos inferiores a 500 kg/ha, 29 accesiones con rendimientos entre 501 a 1000 kg/ha, 28 accesiones con rendimientos entre 1001 a 1500 kg/ha, 26 accesiones con rendimiento entre 1501 a 2000 kg/ha, 7 accesiones con rendimientos entre 2001 a 2500 kg/ha, 2 accesiones con rendimientos de 2500 a 3000 kg/ha y una accesión con rendimiento superior a 3000 kg/ha.

Se han seleccionado accesiones por un rendimiento cercano o mayor al promedio nacional igual a 1600 kg/ha y se listan en la Tabla 6. Se puede apreciar que sólo 6 accesiones con comportamiento *moderadamente susceptibles* fueron seleccionados con rendimientos de 1530 a 2546 kg/ha. En el grupo calificado como *muy susceptible* se han seleccionado 18 accesiones con rendimientos comprendidos entre 1526 a 3028 kg/ha.

Danielsen et al. (2002), Informaron la reducción del rendimiento de quinua entre 33 a 58 por ciento en las variedades más resistentes, sugiriendo la existencia de resistencia horizontal en diferentes genotipos de quinua. Los resultados observados en la presente tesis relacionados a un potencial de rendimiento mayor al promedio nacional e

infecciones con valores ente 40 a 60 por ciento, podrían indicar una posible resistencia horizontal en estas accesiones de quinua, especialmente la accesión PEQPC-2088 con 3028 kg/ha y una severidad de 60 por ciento.

Este tipo de resistencia puede ser útil en los programas de mejoramiento, ya que sería difícil para el hongo del mildiú a superarla, pero también es difícil transferirla a otros genotipos (Kitz, 2008).

Tabla 5: Valores de rendimiento de granos kg/ha de 100 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) en condiciones de una infección natural del hongo del mildiú (*Perenospora variabilis*). Junín. Campaña 2015-2016.

ACCESION QUINUA	RDTO Kg/Ha	MILDIU (media) %
BGQ 1	1340	73.3
BGQ 2	1645	56.7
BGQ 5	876	53.3
BGQ 6	568	50
BGQ 12	346	63.3
BGQ 15	438	60
BGQ 21	2023	66.7
BGQ 27	1978	60
BGQ 29	2218	56.7
BGQ 34	683	46.7
BGQ 35	257	53.3
BGQ 36	1527	40
BGQ 42	784	56.7
BGQ 44	94	56.7
BGQ 46	853	46.7
BGQ 47	779	70
BGQ 49	738	33.3
BGQ 51	586	46.7
BGQ 53	515	63.3
BGQ 56	588	50
BGQ 57	323	40
BGQ 58	588	30

ACCESION QUINUA	RDTO Kg/Ha	MILDIU (media) %
BGQ 59	801	53.3
BGQ 60	541	60
BGQ 61	522	56.6
BGQ 63	514	40
BGQ 64	998	50
BGQ 66	616	60
BGQ 67	381	66.7
BGQ 68	1042	53.3
BGQ 69	558	56.7
BGQ 70	641	60
BGQ 71	1069	73.3
BGQ 72	1053	66.7
BGQ 73	684	43.3
BGQ 74	1531	46.7
BGQ 75	1883	46.7
BGQ 76	2123	80
BGQ 77	1588	53.3
PEQPC - 0544	1188	63.3
PEQPC - 0563	1464	33.3
PEQPC - 0592	1559	40
PEQPC - 0648	1454	53.3
PEQPC - 0658	1517	53.3

ACCESION QUINUA	RDTO Kg/Ha	MILDIU (media) %
PEQPC - 1941	1364	43.3
PEQPC - 1978	1491	53.3
PEQPC - 2000	942	43.3
PEQPC - 2073	1483	46.7
BGQ 1	1340	73.3
BGQ 2	1645	56.7
BGQ 5	876	53.3
BGQ 6	568	50
BGQ 12	346	63.3
BGQ 15	438	60
BGQ 21	2023	66.7
BGQ 27	1978	60
BGQ 29	2218	56.7
BGQ 34	683	46.7
BGQ 35	257	53.3
BGQ 36	1527	40
BGQ 42	784	56.7
BGQ 44	94	56.7
BGQ 46	853	46.7
BGQ 47	779	70
BGQ 49	738	33.3
BGQ 51	586	46.7
BGQ 53	515	63.3
BGQ 56	588	50

ACCESION QUINUA	RDTO Kg/Ha	MILDIU (media) %
BGQ 57	323	40
BGQ 58	588	30
BGQ 59	801	53.3
BGQ 60	541	60
BGQ 61	522	56.6
BGQ 63	514	40
BGQ 64	998	50
BGQ 66	616	60
BGQ 67	381	66.7
BGQ 68	1042	53.3
BGQ 69	558	56.7
BGQ 70	641	60
BGQ 71	1069	73.3
BGQ 72	1053	66.7
BGQ 73	684	43.3
BGQ 74	1531	46.7
BGQ 75	1883	46.7
BGQ 76	2123	80
BGQ 77	1588	53.3
PEQPC - 0544	1188	63.3
PEQPC - 0563	1464	33.3
PEQPC - 0592	1559	40
PEQPC - 0648	1454	53.3
PEQPC - 0658	1517	53.3

ACCESION QUINUA	RDTO Kg/Ha	MILDIU (media) %
PEQPC - 1941	1364	43.3
PEQPC - 1978	1491	53.3
PEQPC - 2000	942	43.3
PEQPC - 2073	1483	46.7
PEQPC - 0325	1987	76.7
PEQPC - 0508	1734	63.3
PEQPC - 0547	2051	70
PEQPC - 0648	1598	36.7
PEQPC - 1891	1360	70
PEQPC - 1952	1830	50
PEQPC - 1953	1876	50
PEQPC - 1970	2077	70
PEQPC - 1979	1959	36.7
PEQPC - 2017	2196	53.3
PEQPC - 2020	1918	63.3
PEQPC - 2034	1634	53.3
PEQPC - 2088	3029	50
PEQPC - 2138	1919	56.7
PEQPC - 2162	1421	56.7
PEQPC - 0415	1274	60
PEQPC - 0511	1163	76.7
PEQPC - 0821	647	43.3
PEQPC - 0633	1524	63.3
PEQPC - 0791	1617	60

ACCESION QUINUA	RDTO Kg/Ha	MILDIU (media) %
PEQPC - 0795	1560	56.7
PEQPC - 1091	1968	46.7
PEQPC - 0820	966	73.3
PEQPC - 2029	1363	73.3
PEQPC - 2116	904	66.7
PEQPC - 2161	1468	46.7
PEQPC - 0331	1860	76.7
PEQPC - 1144	2231	60
PEQPC - 2023	1377	50
PEQPC - 1904	1378	60
PEQPC - 0326	1010	50
PEQPC - 0595	1033	53.3
PEQPC - 2235	601	33.3
PEQPC - 2196	740	33.3
PEQPC - 0544	1374	50
PEQPC - 0792	1252	43.3
PEQPC - 0895	603	56.7
POEQ-252 VM08B	1031	33.3
PASANKALLA	252	50
PEQPC - 1934	1016	60
PEQPC - 1944	1930	60
PEQPC - 2012	1470	36.7
PEQPC - 2018	1153	66.7

Continuación

ACCESION QUINUA	RDTO Kg/Ha	MILDIU (media) %
PEQPC - 2028	1088	63.3
PEQPC - 2041	2680	63.3
PEQPC - 1950	1428	53.3
PEQPC - 2012	1632	60
PEQPC - 2019	636	53.3
PEQPC - 0710	1521	36.7
PEQPC - 2084	1630	46.7
PEQPC - 1555	704	46.7
PEQPC - 1592	2547	53.3

FUENTE: Elaboración propia.

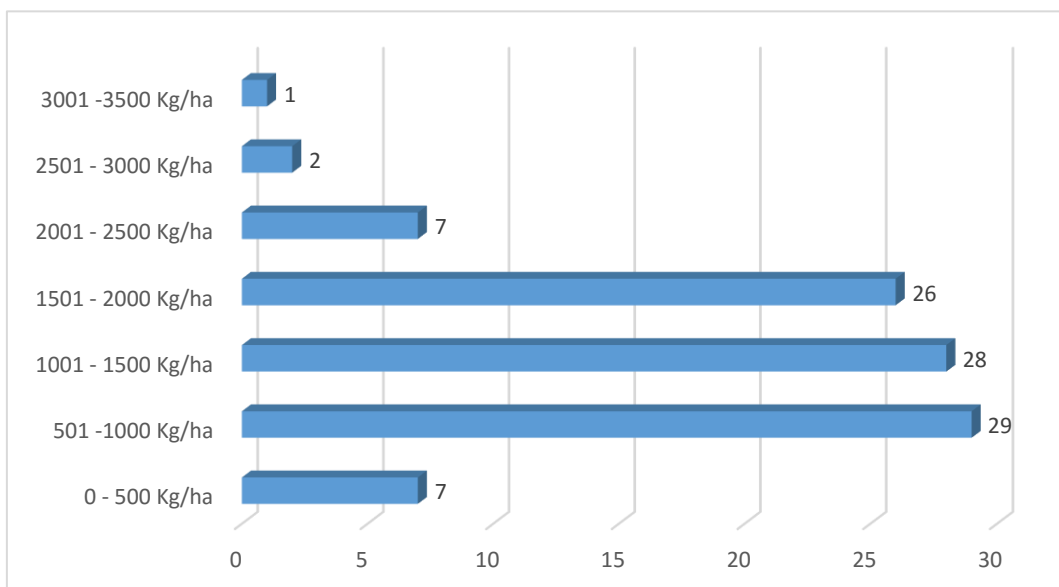


Figura 16: Grupos de accesiones en función a su potencial de rendimiento de grano kg/ha bajo condiciones de una infección natural de mildiú en Junín. Campaña 2015-2016.
FUENTE: Elaboración propia.

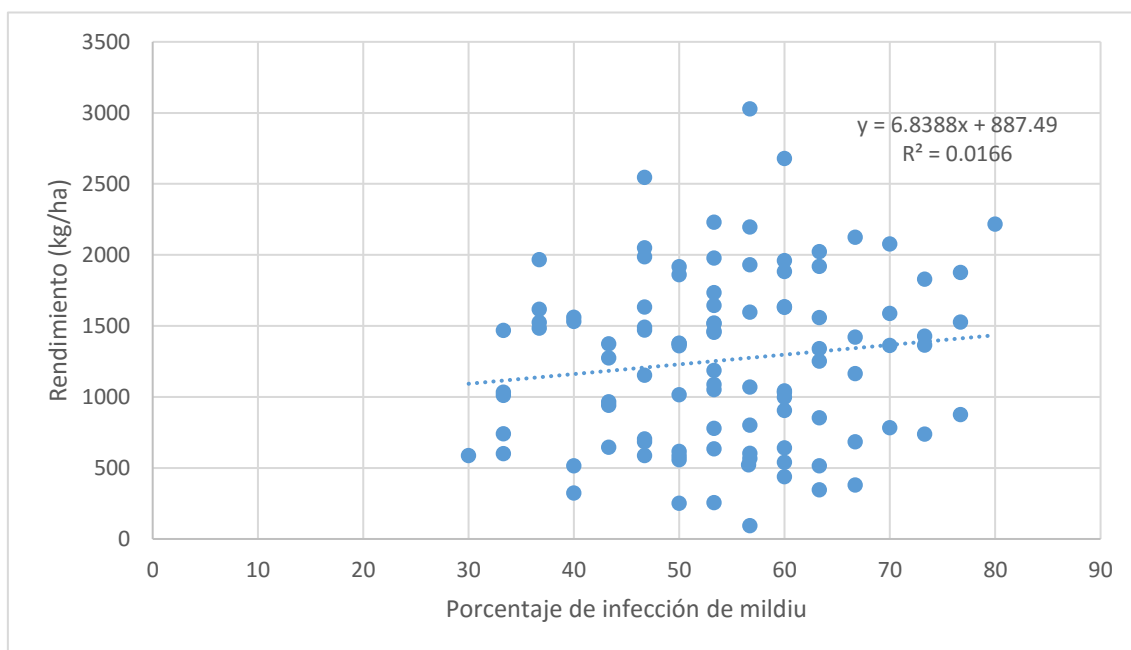


Figura 17: Gráfico de dispersión para determinar la correlación entre porcentaje de mildiú y rendimiento, donde R^2 (coeficiente de determinación) indica que el 1.66% de la variación del rendimiento es explicado por la regresión y $R=0.129$ (coeficiente de correlación), por lo tanto se puede afirmar que hay una asociación muy baja entre los valores de rendimiento y porcentaje de infección de mildiú.
FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 6: Grupos de accesiones seleccionadas por su rendimiento de grano kg/ha bajo condiciones de una infección natural de mildiú en Junín. Campaña 2015-2016.

Accesión Moderadamente susceptible	Media Mildiú %	RDTO kg/ha
BGQ 74	40	1530
PEQPC-0325	46.7	1986
PEQPC-0547	46.7	2051
PEQPC-1592	46.7	2546
PEQPC-0331	50	1860
PEQPC-2020	50	1917

Accesión Muy susceptible	Media Mildiú %	RDTO kg/ha
BGQ 2	53.3	1645
PEQPC-1144	53.3	2231
BGQ 27	53.3	1978
PEQPC-1944	56.7	1930
PEQPC-2017	56.7	2195
PEQPC-2088	56.7	3028
PEQPC-1979	60	1958
BGQ 75	60	1882
PEQPC-2041	60	2680
BGQ 1	63.3	1340
PEQPC-2138	63.3	1918
BGQ 21	63.3	2023
BGQ 76	66.7	2123
PEQPC-1970	70	2076
BGQ 77	70	1588
PEQPC-1953	76.7	1875
BGQ 36	76.7	1526
BGQ 29	80	2661

FUENTE: Elaboración propia.

b. Efecto de la Infección de mildiú en la calidad del grano de quinua

En la tabla 7 se presenta los datos del contenido de proteína del grano de las accesiones evaluadas en condiciones de Junín (IRD-Sierra) Campaña 2015-2016 bajo condiciones de infección natural. Se puede apreciar un rango de contenido de proteína de grano varía de 8.7 a 16.25 por ciento. El valor más bajo corresponde a la accesión PEQPC-1970 y el más alto a la accesión BGQ 68; con valores medios de severidad igual a 70 y 60 por ciento, respectivamente.

Observando el valor medio de la severidad o porcentaje de área foliar con síntomas, se puede apreciar que no existe una relación entre el contenido de proteína del grano y el grado de severidad del mildiú en el follaje. Este comportamiento está corroborado con los resultados de correlación entre proteína y el porcentaje de mildiú que dio un valor $r = 0.119$, tal como se indica en la Figura 19.

En la Figura 18, se puede apreciar una accesión con proteína de grano entre 8.1 a 9 por ciento, 47 accesiones con valores comprendidos entre 9.1 a 10 por ciento, 33 accesiones con valores entre 10.1 a 11 por ciento, 10 accesiones con valores comprendidos entre 11.1 a 12 por ciento, 8 accesiones con valores entre 12.1 a 13 por ciento y una accesión con un valor mayor a 13.1 por ciento.

Se han seleccionado accesiones por un contenido de proteína de grano mayor a 11 por ciento y se listan en la tabla 8 se puede apreciar que sólo 7 accesiones con comportamiento *moderadamente susceptibles* fueron seleccionados con contenido de proteína de granos de 11 a 12.6 por ciento. En el grupo calificado como *muy susceptible* se han seleccionado 15 accesiones con proteína de granos comprendidos entre 11 a 16.2 por ciento.

Risco (2014) en condiciones de La Molina informa valores de contenido de proteína del grano entre 11.15 y 11.54 para la variedad Pasankalla en los diferentes tratamientos de control de mildiú. También Repo (2013) señala para contenido de proteína de grano valores entre 11 a 21 por ciento. De igual modo Bhargava (2006), indica un rango de 12,55 y 21,02 por ciento.

Tabla 7: Valores de rendimiento de proteína de granos (%) de 100 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) en condiciones de una infección natural del hongo del mildiú (*Perenospora variabilis*). Junín. Campaña 2015-2016.

ACCESIÓN	MILDIU % (media)	PROTEINA %
BGQ 1	73.3	10.4
BGQ 2	56.7	10
BGQ 5	53.3	10.2
BGQ 6	50	11.6
BGQ 12	63.3	10.2
BGQ 15	60	11.2
BGQ 21	66.7	10.4
BGQ 27	60	9.8
BGQ 29	56.7	12.5
BGQ 34	46.7	10
BGQ 35	53.3	11.6
BGQ 36	40	9.5
BGQ 42	56.7	9.7
BGQ 44	56.7	12.2
BGQ 46	46.7	10
BGQ 47	70	9.5
BGQ 49	33.3	11
BGQ 51	46.7	9.8
BGQ 53	63.3	9.5
BGQ 56	50	9.5
BGQ 57	40	9.5
BGQ 58	30	9.5

ACCESIÓN	MILDIU % (media)	PROTEINA %
BGQ 59	53.3	10.5
BGQ 60	60	9.6
BGQ 61	56.6	10.9
BGQ 63	40	9.5
BGQ 64	50	10.6
BGQ 66	60	9.7
BGQ 67	66.7	9.7
BGQ 68	53.3	9.3
BGQ 69	56.7	12.8
BGQ 70	60	9.4
BGQ 71	73.3	10.3
BGQ 72	66.7	9.9
BGQ 73	43.3	10.4
BGQ 74	46.7	10.6
BGQ 75	46.7	9.8
BGQ 76	80	11.1
BGQ 77	53.3	11
PEQPC- 0544	63.3	9.8
PEQPC- 0563	33.3	12.1
PEQPC- 0592	40	9.6
PEQPC- 0648	53.3	9.8
PEQPC- 0658	53.3	10.3

ACCESIÓN	MILDIU % (media)	PROTEINA %
PEQPC- 1941	43.3	9.2
PEQPC- 1978	53.3	10
PEQPC- 2000	43.3	9.6
PEQPC- 2073	46.7	10.2
PEQPC- 0325	76.7	11.1
PEQPC- 0508	63.3	10.8
PEQPC- 0547	70	8.7
PEQPC- 0648	36.7	9.4
PEQPC- 1891	70	9.5
PEQPC- 1952	50	10.5
PEQPC- 1953	50	11
PEQPC- 1970	70	9.6
PEQPC- 1979	36.7	9.5
PEQPC- 2017	53.3	9.9
PEQPC- 2020	63.3	11.6
PEQPC- 2034	53.3	10.5
PEQPC- 2088	50	9.7
PEQPC- 2138	56.7	10.2
PEQPC- 2162	56.7	9.2
PEQPC- 0415	60	10.1
PEQPC- 0511	76.7	12.3
PEQPC- 0821	43.3	9.4
PEQPC- 0633	63.3	9.6
PEQPC- 0791	60	9.5

ACCESIÓN	MILDIU % (media)	PROTEINA %
PEQPC- 0795	56.7	9.6
PEQPC- 1091	46.7	12.6
PEQPC- 0820	73.3	9.4
PEQPC- 2029	73.3	10.8
PEQPC- 2116	66.7	11.1
PEQPC- 2161	46.7	10
PEQPC- 0331	76.7	10.4
PEQPC- 1144	60	10.7
PEQPC- 2023	50	11.6
PEQPC- 1904	60	16.25
PEQPC- 0326	50	10.2
PEQPC- 0595	53.3	10.9
PEQPC- 2235	33.3	10
PEQPC- 2196	33.3	9.8
PEQPC- 0544	50	10.4
PEQPC- 0792	43.3	10.9
PEQPC- 0895	56.7	9.6
POEQ- 252VM08B	33.3	11.4
PASANKALLA	50	10.1
PEQPC- 1934	60	9.6
PEQP- 1944	60	10.9
PEQPC-012 b	36.7	9.7
PEQPC- 2018	66.7	11.1

ACCESIÓN	MILDIU % (media)	PROTEINA %
PEQPC- 2028	63.3	12.2
PEQPC- 2041	63.3	10.9
PEQPC- 1950	53.3	10.2
PEQPC-2012 a	60	10.3
PEQPC- 2019	53.3	9.4
PEQPC - 0710	36.7	9.6
PEQPC- 2084	46.7	9.9
PEQPC- 1555	46.7	10.3
PEQPC- 1592	53.3	12.6

FUENTE: Elaboración propia.

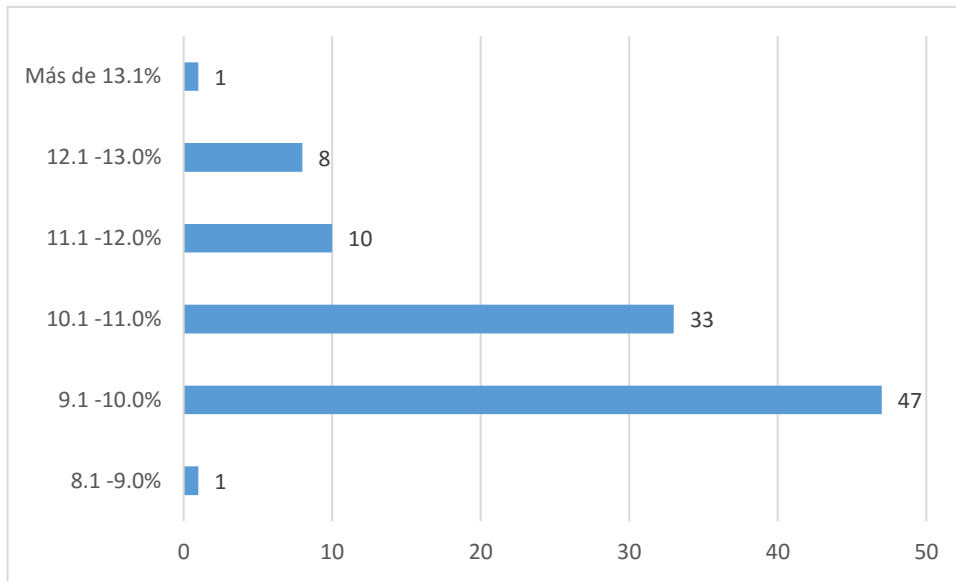


Figura 18: Grupos de accesiones en función a su mayor contenido de proteína de granos (%) bajo condiciones de una infección natural de mildiú en Junín. Campaña 2015-2016.

FUENTE: Elaboración propia.

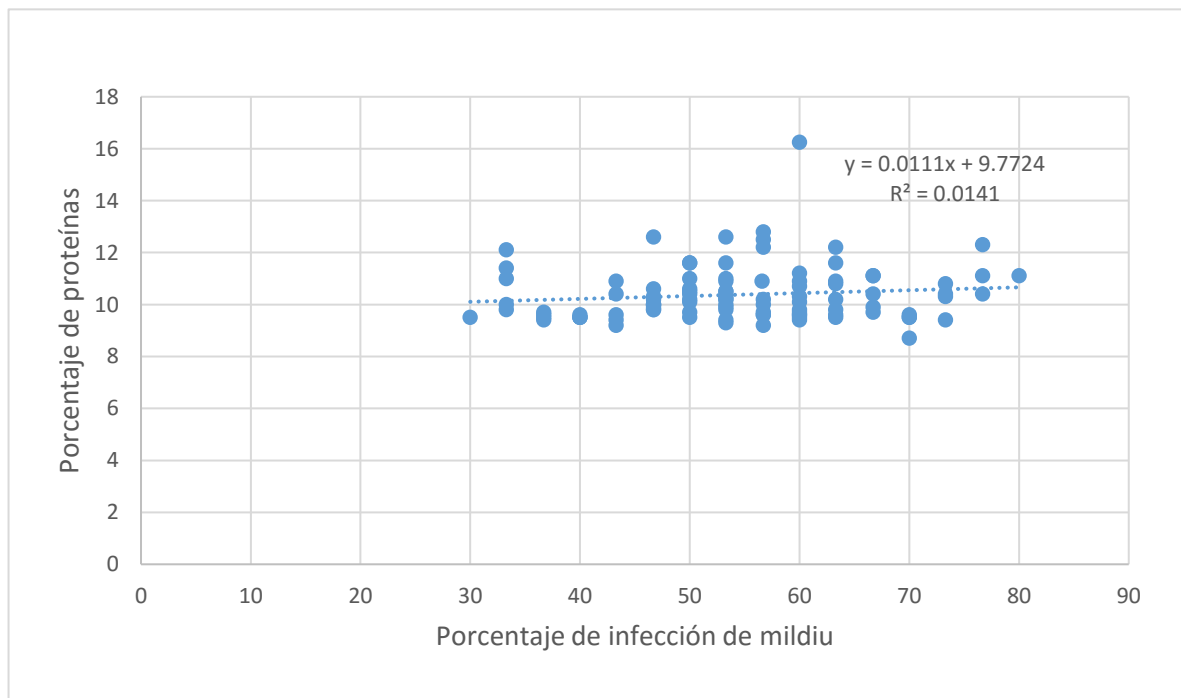


Figura 19: Gráfico de dispersión para determinar la correlación entre porcentaje de mildiú y porcentaje de proteínas donde R^2 (coeficiente de determinación) indica que el 1.41% de la variación del contenido de proteínas es explicado por la regresión, y $R = 0.129$ (coeficiente de correlación) Por lo tanto se puede afirmar que hay una correlación muy baja entre el porcentaje de proteínas y porcentaje de infección de mildiú.

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 8: Grupos de accesiones seleccionadas por su mayor contenido de proteína de grano (%) bajo condiciones de una infección natural de mildiú en Junín. Campaña 2015-2016.

ACCESIONES MODERADAMENTE SUSCEPTIBLES	MILDIU (%)	PROTEINA GRANOS (%)
PEQPC - 0326	33.3	11
PEQPC - 0595	33.3	11.4
PEQPC - 2161	33.3	12.1
PEQPC - 0325	46.7	12.6
PEQPC - 2020	50	11
BGQ 51	50	11.6
PEQPC - 1904	50	11.6

ACCESIONES MUY SUSCEPTIBLES	MILDIU (%)	PROTEINA GRANOS (%)
BGQ 2	53.3	11
BGQ 35	53.3	11.6
BGQ 27	53.3	12.6
BGQ 44	56.7	12.2
PEQPC-2088	56.7	12.5
BGQ 6	56.7	12.8
BGQ 15	60	11.2
BGQ 68	60	16.25
PEQPC-2138	63.3	11.6
BGQ 46	63.3	12.2
BGQ 34	66.7	11.1
PEQPC-0511	66.7	11.1
BGQ 36	76.7	11.1
BGQ 5	76.7	12.3
BGQ 29	80	11.1

FUENTE: Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

OBJETIVO 1

1. La enfermedad de mildiú, debido a condiciones favorables de clima y la susceptibilidad de las accesiones se desarrolló muy rápidamente alcanzando los valores más altos de 90 por ciento a los 104 días después de la siembra del cultivo para luego ir disminuyendo su severidad a los 133 días. De acuerdo a los niveles de infección se observaron dos grupos de accesiones: *Moderadamente susceptibles* y *muy susceptibles*.
2. El ABCPE para 30 accesiones seleccionadas fue determinado en base a tres lecturas y se pueden apreciar un incremento de la severidad de la enfermedad desde la siembra, observándose el pico más alto de ABCPE a los 104 días en todos los genotipos evaluados en diferentes intensidades y una reducción de la severidad desde los 104 a los 133 días de evaluación.
3. En el primer grupo *moderadamente susceptibles* se observó un rango de 1500 a 7500 oosporas/kg de semillas y en el segundo grupo *muy susceptibles*, el rango fue de 12000 a 45000 oosporas /kilogramo de semillas.

OBJETIVO 2

1. El rendimiento no guardó ninguna correlación con el grado de severidad de la enfermedad en los genotipos. El material seleccionado probablemente presente resistencia horizontal o cuantitativa.
2. El contenido de proteína del grano no mostró correlación entre el grado de severidad causado por la enfermedad.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar la respuesta al mildiú en otros ambientes agroecológicos, para mejor identificación del tipo de resistencia.

Se sugiere realizar las evaluaciones de severidad de mildiú empleando la escala de los tres tercios.

Para mejores resultados, la fecha de evaluación de severidad debe coincidir con cada etapa fenológica.

Considerar también la evaluación la altura de planta, días a la floración y a la maduración.

VII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

AEGERTER, B. J.; NUÑEZ, J. J.; DAVIS, R. M. 2002. Detection and management of downy mildew in rose rootstock. *Plant dis.* 1363-1368.

ALANDIA, S.; OTAZÚ, V.; SALAS, B. 1979. Enfermedades en quinua y kañiwa, Editorial IICA. Bogotá-Colombia. 137.

ALFANO, JR.; COLLMER A. 1997. The type III (Hrp) secretion pathway of plant pathogenic bacteria: trafficking harpings avr proteins, and death. *J Bacteriol.* 5655-5662.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. 2006. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research.* 101(2007). 104–116.

BONIFACIO A.; SARAVI A, R. 1999. Evaluación de la resistencia al mildiu en quinua. Tercer Taller de Preduza en Resistencia Duradera en Cultivos Altos en la Zona Andina, 27–29 de Septiembre de 1999. Cochabamba, Bolivia. 49-59.

BONIFACIO, A.; VÁRGAS, A.; ALCÓN, M.; APAZA, R. 2008. Resistencia de la quinua frente a la enfermedad del mildiu. Fundación McKnight.

CAMPBELL, C. L. AND MADDEN, L. V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology, Ed. Wiley. NY, USA. 532.

CHOI, Y.; SEUNG, H.; SHIN, H. 2006. Re-consideration of *Peronospora farinosa* infesting spinacia olareacea as distinct species, *Peronospora effusa*. Published by Elsevier Ltd. Seoul-Korea. 381-391 pp.

CHPOLYJ., DANIELSEN, S.; LÜBECK, M.; HONG, S-B.;BDELHEY, R.; SHIN, H-D. 2010. Morphological and Molecular Characterization of the Causal Agent of Downy Mildew on Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *MYCOPATHOLOGIA* Vol 169, ISSUe 5, pp 403-412.

DANIELSEN, S.; AMES, T. 2000. “El mildiu *Peronospora farinosa* de la quinua *chenopodium quinoa* en la zona andina”. Manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno. Centro Internacional de La Papa (CIP). Lima-Perú. 61.

DANIELSEN, S.; MUNK, L. 2004. Evaluation of disease assessment methods in quinoa for their ability to predict yield loss caused by downy mildew. *Crop Protection*. 2004. Vol 23, Issue 3. 219-228.

DANIELSEN, S.; BONIFACIO, A.; AMES, T. 2003. “Diseases of quinoa *Chenopodium quinoa*”, *Food Reviews International*, Biology, The Royal Veterinary and Agricultural University, Frederiksberg C, Denmark. 43-59.

DANIELSEN, S.; JACOBSEN, S.E.; ECHEGARAY, J.; AMES, T. 1999-2000. Impact of Downy Mildew on the Yield of Quinoa. CIP Program Report Andean Roots and Tubers and other Crops. 1999-2000: 397-401.

DANIELSEN, S.; JACOBSEN, S-E.; HOCKENHULL, J. 2002. First Report of Downy Mildew of Quinoa Caused by *Peronospora farinosa* f. sp. *chenopodii* in Denmark. *The American Phytopathological Society*. V86, Number 10 P: 1175 <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.10.1175B>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2011). “El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 2010 - 2011”, Roma.

GABRIEL, J. et al. 2010. Quinoa de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): Fuente de valiosa resistencia genética al mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.). Congreso Científico de la quinua. Fundación PROINPA, Cochabamba- Bolivia. 17-29.

GABRIEL, J.; LUNA, N.; VARGAS, A.; MAGNE, J.; ANGULO, A.; LA TORRE, J.; BONIFACIO, A. 2012. Quinoa de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al mildiú (*Peronospora farinosa* Willd.). *Journal of the Selva Andina Research Society*; 3 (2): 27-44

GAMARRA, M.; BONIFACIO, A.; PERALTA, E. 2001. Mejoramiento genético y participativo en quinua al mildiu en Perú y Ecuador. En la conferencia Internacional

sobre: futuras estrategias para implementar mejoramiento participativo en los cultivos de las zonas altas en la región andina. Memorias. Preduza. Quito-Ecuador. 119-138.

GANDARILLAS, H. 1979. Botánica. en: m. tapia (ed). quinua y kañiwa, cultivos andinos. Bogotá- Colombia, CIID, Oficina Regional para América Latina. 20-44.

GANDARILLAS, et al. 2014. Principales plagas y enfermedades de la quinua. Brazield et al. (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013” (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia). Capítulo 2.6. 227-256.

GÓMEZ, L.; EGUILUZ, A. 2011. Catálogo del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 183.

KITZ; LEILANI. 2008. Evaluation of Downy Mildew (*Peronospora farinosa* f.sp.*Chenopodii*) Resistance among Quinoa Genotypes and Investigation of *P. farinosa* Growth Using Scanning Electron Microscopy. Thesis Master of Science. Brigham Young University.78.

KUMAR, A.; BHARGAVA, A.; SHUKLA S.; SINGH, H.B.; OHRI, D. 2006. Screening of exotic *Chenopodium quinoa* accessions for downy mildew resistance under mid-eastern conditions of India. Crop Protection. Vol 25, Issue 8. 879-889.

LÓPEZ, J. 1976. La calidad dela proteína de quinua (*Chenoodium quinoa* Willd). Biblioteca del Centro Internacional de la Papa. Lima-Perú.

MHADA, M., EZZAHIRI, B.; BENLHABIB, O. 2015. Assessment of Downy mildew Resistance (*Peronospora farinosa*) in a Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Germplasm. International Journal of Biological & Medical Research: 6(1):4748-4752.

MUJICA, A. et al. 1988. Prueba americana y europea de quinua. Proyecto quinua CIP-DANIDA-UNAP. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. 41.

OTAZÚ, V.; AGUILAR, P.C.; CANAHA, A.; 1976. Resistencia en quinua (*Chenopodium quinoa*) al mildiu (*Peronospora effusa*). Fitopatología. 47-49.

PANELLA, M.; LÓPEZ, M.; BRUNO, M.; 2014. La domesticación y distribución prehistórica. estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de quinua.

Capítulo 1.5 En: Braziield et al. (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013” (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). 33-48.

REPO, R. C., 2013. Valor nutricional de los granos andinos (diapositiva). Congreso científico internacional de la quinua, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 39 diapositivas.

RISCO, A. 2014. Severidad de *Peronospora variabilis* GÄUM en *Chenopodium quinoa* Wiild Pasankalla como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos bioestimulantes. Tesis- Magister Scientiae en Fitopatología. Universidad Nacional Agraria La Molina. 91.

ROJAS, W. et al. 2014. Estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de quinua. Braziield et al. (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013” (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia). Capítulo 1.5. 66-94.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). **sf.** Manual de Observaciones Fenológicas

SHANER, G.; FINNEY, R. E.1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology* 67: 1051-1056. Vanderplank, J. C. 1963. Plant diseases: epidemics and control. Academic Press, New York. 349 .

TESTEN, A.L.; JIMÉNEZ-GASCO, M.; OCHOA, J.; BACKMAN, P. A. 2013. Molecular Detection of *Peronospora variabilis* in Quinoa Seed and Phylogeny of the Quinoa Downy Mildew Pathogen in South America and the United State. The American Phytopathological Society. Vol.104, N° 4, 379-386.

TESTEN, A.L.; MCKEMY, J. M.; BACKMAN, P. A. 2012. First Report of Quinoa Downy Mildew Caused by *Peronospora variabilis* in the United States. Plant Disease: Volume 96, Number 1. P 146. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-09-11-0728>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Total de accesiones del banco de germoplasma evaluadas.

NÚMERO	CÓDIGO DE ACCESIÓN	NÚMERO	CÓDIGO DE ACCESIÓN
1	BGQ 1	34	BGQ 72
2	BGQ 2	35	BGQ 73
3	BGQ 5	36	BGQ 74
4	BGQ 6	37	BGQ 75
5	BGQ 12	38	BGQ 76
6	BGQ 15	39	BGQ 77
7	BGQ 21	40	PEQPC - 0544
8	BGQ 27	41	PEQPC - 0563
9	BGQ 29	42	PEQPC - 0592
10	BGQ 34	43	PEQPC - 0648
11	BGQ 35	44	PEQPC - 0658
12	BGQ 36	45	PEQPC - 1941
13	BGQ 42	46	PEQPC - 1978
14	BGQ 44	47	PEQPC - 2000
15	BGQ 46	48	PEQPC - 2073
16	BGQ 47	49	PEQPC - 0325
17	BGQ 49	50	PEQPC - 0508
18	BGQ 51	51	PEQPC - 0547
19	BGQ 53	52	PEQPC - 0648
20	BGQ 56	53	PEQPC - 1891
21	BGQ 57	54	PEQPC - 1952
22	BGQ 58	55	PEQPC - 1953
23	BGQ 59	56	PEQPC - 1970
24	BGQ 60	57	PEQPC - 1979
25	BGQ 61	58	PEQPC - 2017
26	BGQ 63	59	PEQPC - 2020
27	BGQ 64	60	PEQPC - 2034
28	BGQ 66	61	PEQPC - 2088
29	BGQ 67	62	PEQPC - 2138
30	BGQ 68	63	PEQPC - 2162
31	BGQ 69	64	PEQPC - 0415
32	BGQ 70	65	PEQPC - 0511
33	BGQ 71	66	PEQPC - 0821

NÚMERO	CÓDIGO DE ACCESIÓN
67	PEQPC - 0633
68	PEQPC - 0791
69	PEQPC - 0795
70	PEQPC - 1091
71	PEQPC - 0820
72	PEQPC - 2029
73	PEQPC - 2116
74	PEQPC - 2161
75	PEQPC - 0331
76	PEQPC - 1144
77	PEQPC - 2023
78	PEQPC - 1904
79	PEQPC - 0326
80	PEQPC - 0595
81	PEQPC - 2235
82	PEQPC - 2196
83	PEQPC - 0544
84	PEQPC - 0792
85	PEQPC - 0895
86	POEQ - 252 VM08B
87	PASANKALLA
88	PEQPC - 1934
89	PEQPC - 1944
90	PEQPC - 2012
91	PEQPC - 2018
92	PEQPC - 2028
93	PEQPC - 2041
94	PEQPC - 1950
95	PEQPC - 2012
96	PEQPC - 2019
97	PEQPC - 0710
98	PEQPC - 2084
99	PEQPC - 1555
100	PEQPC - 1592

ANEXO 2. Cuadro con valores de parámetros evaluados en campo.

PARCELA	FLORACION	MADURACION	ALTURA	MILDIU
BGQ 1	72	175	156	63.3
BGQ 2	76	180	155	53.3
BGQ 5	65	140	115	76.7
BGQ 6	65	150	124	56.7
BGQ 12	65	124	98	63.3
BGQ 15	65	132	45	60
BGQ 21	70	125	135	63.3
BGQ 27	76	160	145	53.3
BGQ 29	85	165	107	80
BGQ 34	65	142	100	66.7
BGQ 35	65	135	110	53.3
BGQ 36	72	135	102	76.7
BGQ 42	60	142	110	70
BGQ 44	65	145	100	56.7
BGQ 46	65	165	125	63.3
BGQ 47	68	165	94	53.3
BGQ 49	60	150	110	73.3
BGQ 51	62	140	90	50
BGQ 53	60	138	76	63.3
BGQ 56	65	142	100	30
BGQ 57	65	138	102	40
BGQ 58	70	135	106	46.7
BGQ 59	65	135	76	56.7
BGQ 60	70	150	92	60
BGQ 61	62	145	90	56.6
BGQ 63	72	145	152	40
BGQ 64	70	150	152	60
BGQ 66	60	142	120	50
BGQ 67	60	125	110	66.7
BGQ 68	70	145	135	60
BGQ 69	80	195	180	50
BGQ 70	80	180	153	60
BGQ 71	80	185	160	56.7
BGQ 72	80	180	152	53.3
BGQ 73	82	175	144	46.7
BGQ 74	82	170	150	40
BGQ 75	75	160	142	60
BGQ 76	70	160	150	66.7
BGQ 77	70	160	150	70

Continuación

PEQPC - 0544	70	155	145	53.3
PEQPC - 0563	70	160	162	53.3
PEQPC - 0592	70	170	162	63.3
PEQPC - 0648	70	170	158	53.3
PEQPC - 0658	78	170	175	53.3
PEQPC - 1941	85	185	185	73.3
PEQPC - 1978	70	180	180	46.7
PEQPC - 2000	85	180	170	43.3
PEQPC - 2073	76	170	175	36.7
PEQPC - 0325	80	165	185	46.7
PEQPC - 0508	74	160	185	53.3
PEQPC - 0547	80	170	140	46.7
PEQPC - 0648	70	165	165	56.7
PEQPC - 1891	70	160	150	50
PEQPC - 1952	88	185	200	73.3
PEQPC - 1953	90	185	205	76.7
PEQPC - 1970	90	150	210	70
PEQPC - 1979	70	125	186	60
PEQPC - 2017	70	190	183	56.7
PEQPC - 2020	85	185	180	50
PEQPC - 2034	80	180	170	60
PEQPC - 2088	76	190	182	56.7
PEQPC - 2138	84	185	205	63.3
PEQPC - 2162	70	175	180	66.7
PEQPC - 0415	85	165	160	43.3
PEQPC - 0511	78	165	158	66.7
PEQPC - 0821	60	140	120	43.3
PEQPC - 0633	30	180	164	36.7
PEQPC - 0791	78	165	152	36.7
PEQPC - 0795	78	160	170	40
PEQPC - 1091	70	165	166	36.7
PEQPC - 0820	70	165	152	43.3
PEQPC - 2029	68	140	140	70
PEQPC - 2116	65	140	135	60
PEQPC - 2161	76	170	165	33.3
PEQPC - 0331	76	200	186	50
PEQPC - 1144	96	200	205	53.3
PEQPC - 2023	96	190	166	50
PEQPC - 1904	82	180	155	50
PEQPC - 0326	85	180	185	33.3
PEQPC - 0595	86	180	145	33.3
PEQPC - 2235	70	130	92	33.3
PEQPC - 2196	70	150	142	33.3
PEQPC - 0544	84	200	152	43.3

Continuación

PEQPC - 0792	60	160	175	63.3
PEQPC - 0895	60	160	160	56.7
POEQ - 252 VM08B	60	150	133	60
PASANKALLA	60	160	110	50
PEQPC - 1934	90	190	176	50
PEQPC - 1944	96	190	188	56.7
PEQPC - 2012a	86	205	186	46.7
PEQPC - 2018	96	195	205	46.7
PEQPC - 2028	70	190	186	53.3
PEQPC - 2041	85	185	210	60
PEQPC - 1950	95	180	220	73.3
PEQPC - 2012b	82	190	185	46.7
PEQPC - 2019	85	200	200	53.3
PEQPC - 0710	90	190	205	53.3
PEQPC - 2084	85	190	200	60
PEQPC - 1555	78	190	180	46.7
PEQPC - 1592	90	180	175	46.7

ANEXO 3. Cuadro con los tipos de panoja correspondiente a cada accesión.

NUMERO	NOMBRE	PANOJA
1	BGQ 1	intermedia
2	BGQ 2	intermedia
3	BGQ 5	intermedia
4	BGQ 6	glomerulata
5	BGQ 12	glomerulata
6	BGQ 15	glomerulata
7	BGQ 21	intermedia
8	BGQ 27	intermedia
9	BGQ 29	amarantiforme
10	BGQ 34	glomerulata
11	BGQ 35	glomerulata
12	BGQ 36	amarantiforme
13	BGQ 42	glomerulata
14	BGQ 44	intermedia
15	BGQ 46	intermedia
16	BGQ 47	intermedia
17	BGQ 49	glomerulata
18	BGQ 51	intermedia
19	BGQ 53	intermedia
20	BGQ 56	intermedia
21	BGQ 57	intermedia
22	BGQ 58	intermedia
23	BGQ 59	intermedia
24	BGQ 60	intermedia
25	BGQ 61	intermedia
26	BGQ 63	intermedia
27	BGQ 64	intermedia
28	BGQ 66	intermedia
29	BGQ 67	intermedia
30	BGQ 68	intermedia
31	BGQ 69	intermedia
32	BGQ 70	intermedia
33	BGQ 71	intermedia
34	BGQ 72	intermedia
35	BGQ 73	intermedia
36	BGQ 74	intermedia
	BGQ 75	intermedia
38	BGQ 76	intermedia
39	BGQ 77	intermedia
40	PEQPC - 0544	amarantiforme
41	PEQPC - 0563	amarantiforme

Continuación

42	PEQPC - 0592	amarantiforme
43	PEQPC - 0648	amarantiforme
44	PEQPC - 0658	amarantiforme
45	PEQPC - 1941	glomerulata
46	PEQPC - 1978	glomerulata
47	PEQPC - 2000	glomerulata
48	PEQPC - 2073	glomerulata
49	PEQPC - 0325	intermedia
50	PEQPC - 0508	amarantiforme
51	PEQPC - 0547	amarantiforme
52	PEQPC - 0648	intermedia
53	PEQPC - 1891	glomerulata
54	PEQPC - 1952	glomerulata
55	PEQPC - 1953	glomerulata
56	PEQPC - 1970	glomerulata
57	PEQPC - 1979	glomerulata
58	PEQPC - 2017	glomerulata
59	PEQPC - 2020	glomerulata
60	PEQPC - 2034	glomerulata
61	PEQPC - 2088	glomerulata
62	PEQPC - 2138	glomerulata
63	PEQPC - 2162	glomerulata
64	PEQPC - 0415	intermedia
65	PEQPC - 0511	intermedia
66	PEQPC - 0821	glomerulata
67	PEQPC - 0633	glomerulata
68	PEQPC - 0791	glomerulata
69	PEQPC - 0795	glomerulata
70	PEQPC - 1091	glomerulata
71	PEQPC - 0820	glomerulata
72	PEQPC - 2029	glomerulata
73	PEQPC - 2116	glomerulata
74	PEQPC - 2161	intermedia
75	PEQPC - 0331	glomerulata
76	PEQPC - 1144	glomerulata
77	PEQPC - 2023	glomerulata
78	PEQPC - 1904	amarantiforme
79	PEQPC - 0326	glomerulata
80	PEQPC - 0595	intermedia
81	PEQPC - 2235	glomerulata
82	PEQPC - 2196	glomerulata
83	PEQPC - 0544	glomerulata
84	PEQPC - 0792	glomerulata
85	PEQPC - 0895	glomerulata

Continuación

86	POEQ - 252 VM08B	glomerulata
87	PASANKALLA	glomerulata
88	PEQPC - 1934	glomerulata
89	PEQPC - 1944	glomerulata
90	PEQPC - 2012 a	glomerulata
91	PEQPC - 2018	glomerulata
92	PEQPC - 2028	glomerulata
93	PEQPC - 2041	glomerulata
94	PEQPC - 1950	glomerulata
95	PEQPC - 2012 b	glomerulata
96	PEQPC - 2019	glomerulata
97	PEQPC - 0710	glomerulata
98	PEQPC - 2084	glomerulata
99	PEQPC - 1555	glomerulata
100	PEQPC - 1592	glomerulata