

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POST-GRADO  
MAESTRÍA EN FITOPATOLOGÍA**



**“SEVERIDAD DE *Peronospora variabilis* GÄUM. EN *Chenopodium quinoa* WILLD. ‘PASANKALLA’ COMO RESPUESTA A APLICACIONES DE FUNGICIDAS SINTÉTICOS Y BIOESTIMULANTES”**

Presentado por:

**ALEJANDRO RISCO MENDOZA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN FITOPATOLOGÍA**

Lima – Perú

2014

Dedico este trabajo a familia: Marcelina, Iván, Edith, Marlene, Martha y José. Quienes, me brindaron su apoyo y depositaron toda su confianza en mí, para emprender en esta nueva experiencia profesional.

A Dios por darme fortaleza para culminar la especialidad y concretar la tesis en una etapa muy difícil de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Proyecto UNALM-VLIR (Consejo de Universidades Flamenca). Por la financiación para el desarrollo de la presente Tesis, a través de: SP Native Grains- Project 2: DEVELOPMENT OF VALUE CHAINS FOR BIODIVERSITY CONSERVATION AND IMPROVEMENT OF RURAL LIVELIHOODS.

Al programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM por facilitarme y permitirme el uso de sus campos de investigación y su laboratorio para el análisis de calidad de grano.

Al departamento de fitopatología de la UNALM por brindarme los equipos necesarios para el análisis fitopatológico de las muestras

A la Dra. Leonor Mattos Calderón por patrocinar esta investigación, por su tiempo, por su paciencia a las reiteradas visitas y por su rapidez en las correcciones.

A la Dra. Luz Gómez Pando por sus sugerencias y aportes en el manejo del cultivo de quinua.

A los miembros de Jurado Mg. Sc. Carlos Cadenas, Mg Sc. Julián Chura, M. Sc. Andrés Casas por sus aportes en la mejora de este trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos de la maestría Cledy Ureta Sierra y Juan José Oviedo Quirós por su apoyo en las labores de campo y sus compañías en diferentes situaciones, buenas y malas.

A la Alumna de Agronomía Mónica Vilcayauri por su apoyo con las evaluaciones de plagas.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS .....	
ÍNDICE DE FIGURAS .....	
ÍNDICE DE ANEXOS .....	
I. RESUMEN .....	
II. ABSTRACT .....	
III. INTRODUCCIÓN .....	1
IV. REVISIÓN LITERARIA.....	3
4.1. LA QUINUA .....	3
4.2. TAXONOMÍA .....	3
4.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA .....	4
4.4. QUINUA VARIEDAD PASANKALLA .....	5
4.5. MILDIÚ DE LA QUINUA .....	7
4.5.1. SISTEMÁTICA .....	7
4.5.2. MORFOLOGÍA.....	7
4.5.3. CICLO DE VIDA .....	10
4.5.4. EPIDEMIOLOGÍA .....	13
4.5.5. SÍNTOMAS EN LA PLANTA.....	14
4.5.6. EVALUACIÓN DE LA ENFERMEDAD .....	15
4.5.7. CONTROL.....	17
V. MATERIALES Y METODOS.....	18
5.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	18
5.2. MATERIAL GENÉTICO.....	18
5.3. ANÁLISIS DE SUELO.....	18
5.4. DATOS METEOROLÓGICOS .....	18
5.5. DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS COMO TRATAMIENTOS .....	19
5.5.1. FOSFITO DE POTASIO (KALEX).....	19
5.5.2. FERMENTADOS DE SÓLIDOS SOLUBLES (AGRO MOS).....	20
5.5.3. AZÚCARES FOSFATADOS (KOLAPZER).....	20
5.5.4. LACTOBACILLUS (ECOVIDA).....	20
5.5.5. METALAXYL (FITOKLIN) .....	20

5.6.	DOSIS Y FRECUENCIA DE APLICACIÓN .....	21
5.7.	VARIABLES DE EVALUACIÓN .....	23
5.7.1.	SEVERIDAD.....	23
5.7.2.	ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE).....	23
5.7.3.	COMPARACIÓN DE LA TASA.....	24
5.7.4.	CUANTIFICACIÓN DE OOSPORAS .....	24
5.7.5.	RENDIMIENTO.....	25
5.7.6.	CONTENIDO DE PROTEINA .....	25
5.7.7.	PESO DE 1000 GRANOS .....	26
5.7.8.	GRANULOMETRÍA.....	26
5.8.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
5.8.1.	MODELO ADITIVO LINEAL .....	26
5.8.2.	CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL .....	27
5.9.	ACTIVIDADES EN CAMPO.....	29
5.10.	ACTIVIDADES DE LABORATORIO .....	30
VI.	RESULTADOS .....	31
6.1.	DATOS METEOROLÓGICOS .....	31
6.2.	ANÁLISIS DE SUELO.....	32
6.3.	FASE DE CAMPO.....	32
6.4.	FASE DE LABORATORIO .....	37
6.5.	ANÁLISIS DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE) .....	39
6.6.	COMPARACIÓN DE LA TASA A TRAVÉS DEL VALOR RHO .....	44
6.7.	CUANTIFICACIÓN DE OOSPORAS .....	46
6.8.	CONTENIDO DE PROTEÍNA.....	47
6.9.	PESO DE 1000 GRANOS.....	49
6.10.	GRANULOMETRÍA .....	50
6.11.	RENDIMIENTO .....	52
6.11.1.	PANOJAS MARCADAS.....	52
6.11.2.	SURCOS CENTRALES .....	54
6.12.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	55
VII.	DISCUSIÓN .....	57

VIII.	CONCLUSIONES .....	63
IX.	RECOMENDACIONES.....	64
X.	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	65
XI.	ANEXOS .....	74

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Características distintivas de dos variedades de quinua: Pasankalla roja de tallo blanco (PRTB) y Pasankalla roja de tallo rojo (PRTR). (Canahua <i>et al.</i> 2011).....	6
<b>Cuadro 2:</b> Tratamientos empleador, para el control del mildiú de la quinua.....	19
<b>Cuadro 3:</b> Relación de productos comerciales empleados, dosis y frecuencias de aplicación.....	22
<b>Cuadro 4:</b> Análisis de caracterización de suelo del campo experimental. UNALM, 2013. ....	32
<b>Cuadro 5:</b> Comparación de las medias del ABCPE mediante la prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamiento en el control de <i>P. variabilis</i> en quinua Pasankalla. La Molina 2013.....	40
<b>Cuadro 6:</b> Resumen de la respuesta en el progreso temporal de severidad de <i>P. variabilis</i> a los tratamientos durante 20 evaluaciones. La Molina 2013.....	42
<b>Cuadro 7:</b> Promedio de la tasa del progreso de la enfermedad ( $r$ ), valor estándar de la tasa $s(r^*)$ y la tasa relativa de incremento de la enfermedad ( $\rho$ ) de los tratamientos para el control de <i>P. variabilis</i> . en quinua Pasankalla con $\alpha = 0,05$ . La Molina 2013.....	44
<b>Cuadro 8:</b> Comparación de medias del valor $\rho$ mediante la prueba Tukey $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> en quinua Pasankalla. La Molina 2013. ....	45
<b>Cuadro 9:</b> Comparación de medias del N° oosporas/kg en semilla de quinua Pasankalla mediante la prueba Tukey con $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013. ....	46
<b>Cuadro 10:</b> Comparación de medias del contenido de proteína (%) en granos de quinua Pasankalla mediante la prueba Tukey con $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013.....	48

<b>Cuadro 11:</b> Comparación de medias del peso de mil granos (g) de quinua Pasankalla, mediante la prueba Tukey, con $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013.....	49
<b>Cuadro 12:</b> Comparación de medias del porcentaje de granos con 1,4; 1,7 y 2 mm de diámetro de quinua Pasankalla, mediante la prueba Tukey, con $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013. ....	51
<b>Cuadro 13:</b> Comparación de medias del rendimiento (kg/ha) de las panojas marcadas, mediante la prueba Tukey ( $\alpha = 0,05$ y $0,01$ ) y Duncan ( $\alpha = 0,01$ ) como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013. ....	53
<b>Cuadro 14:</b> Comparación de media del rendimiento (kg/ha) de los surcos centrales de cada parcela, mediante la prueba Tukey, con $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> en quinua Pasankalla. La Molina 2013.....	54
<b>Cuadro 15:</b> Análisis económico de la producción de una hectárea de quinua Pasankalla, con diferentes tratamientos para el control del mildiú en condiciones de La Molina 2013.	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>Peronospora variabilis</i> . Zoosporangióforo y zoosporangios (Danielsen 2008). .	9
<b>Figura 2:</b> <i>Peronospora variabilis</i> . Zoosporangios (Danielsen 2008).....	9
<b>Figura 3:</b> Oosporas de <i>P. variabilis</i> en tejido foliar (Danielsen 2008). .....	11
<b>Figura 4:</b> Ciclo de vida de <i>Peronospora variabilis</i> en la zona andina. Cf, esporangióforo; C, esporangio; a, anteridio; Og, Oogonio y Os, Oospora (Tapia <i>et al.</i> 1979) .....	12
<b>Figura 5:</b> Esquema de distribución de las plantas marcadas para su evaluación. ....	23
<b>Figura 6:</b> Distribución de bloques y parcelas del campo experimental para el control del mildiú en quinua “Pasankalla”. La Molina2013.....	28
<b>Figura 7:</b> Curva de variación de temperatura (°C) de La Molina. Datos proporcionados por la clínica de diagnosis de la UNALM. ....	31
<b>Figura 8:</b> Curva de variación de humedad relativa (%) de La Molina. Datos proporcionados por la clínica de diagnosis de la UNALM. ....	31
<b>Figura 9:</b> Días después de la siembra (dds). Momentos de aplicación de los tratamientos a base de Lactobacillus y fermentados de solidos solubles: A, 12 dds; B, 24 dds; C, 34 dds; E, 44 dds; F, 54 dds y G, 64 dds. Aplicación de los tratamientos a base de fosfito de potasio, azúcares fosfatados y metalaxyl: B, 24 dds; D, 39 dds y F, 54 dds. ....	34
<b>Figura 10:</b> Dos modalidades de cosecha: cosecha de panojas marcadas (A-C), cosecha de los dos surcos centrales de cada parcela (D-G) y grano comercial de quinua Pasankalla (H). La Molina 2013. ....	35
<b>Figura 11:</b> Síntomas del mildiú en hojas de quinua “Pasankalla”. Envés de la hoja con signos de esporulación(A), haz de la hoja con áreas irregulares de color rojizo (B-C), áreas necrosadas con bordes rojizos y halo clorótico (D), y defoliación de las hojas basales (E). ....	36

<b>Figura 12:</b> Diferentes severidades (%) de <i>P. variabilis</i> en el cultivo de quinua Pasankalla estimados por aproximación visual de planta completa. ....	37
<b>Figura 13:</b> Envés de la hoja de quinua Pasankalla con signo de esporulación plomiza (A), Zoosporangióforo y zoosporangio de <i>P. variabilis</i> (B).....	38
<b>Figura 14:</b> <i>P. variabilis</i> en quinua Pasankalla. Grano comercial (100X) (A), Oosporas sobre la hoja de quinua (hojas traídas de Ayacucho) observadas a 400X (B) y Oosporas provenientes del pericarpio de la semilla de quinua Pasankalla(C y D). ....	38
<b>Figura 15:</b> Comparación de las medias del ABCPE con $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013. ....	40
<b>Figura 16:</b> Curvas del progreso de las diferentes epidemias, como respuesta a los tratamientos para el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013. ....	43
<b>Figura 17:</b> Comparación de las medias del valor <i>rho</i> con $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> en quinua Pasankalla. La Molina 2013. ....	45
<b>Figura 18:</b> Comparación de medias del N° oosporas/kg de semilla de quinua Pasankalla con $\alpha = 0,05$ en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013.....	47
<b>Figura 19:</b> Comparación de medias del contenido de proteína (%) en grano de quinua Pasankalla, con $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013.....	48
<b>Figura 20:</b> Comparación de medias del peso de mil granos (g) de quinua Pasankalla, con $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013...	50
<b>Figura 21:</b> Comparación de medias del porcentaje de granos con 1,7 y 2 mm de diámetro de quinua Pasankalla, con $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013. ....	51
<b>Figura 22:</b> Comparación de medias del rendimiento (kg/ha) de panojas marcadas en quinua Pasankalla, con $\alpha = 0,05$ y $0,01$ , como efecto de los tratamientos en el control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013.....	53

**Figura 23:** Comparación de la media del rendimiento (kg/ha) de los dos surcos centrales, con  $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla. La Molina 2013. .... 55

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1:** Análisis de variancia para el ABCPE, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013. 74
- Anexo 2:** Análisis de variancia para el valor *rho*, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013. 74
- Anexo 3:** Análisis de variancia con datos corregidos ( $\sqrt{x}$ ) para el número de oosporas/kg de semilla, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013. .... 74
- Anexo 4:** Análisis de variancia con datos corregidos ( $\sqrt{x}$ ) para el contenido de proteínas (%) en semilla, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013..... 75
- Anexo 5:** Análisis de variancia para el peso de 1000 granos de quinua, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013. .... 75
- Anexo 6:** Análisis de variancia con datos corregidos ( $\sqrt{x}$ ) para porcentaje de granos de quinua de 1,4; 1,7 y 2 mm de diámetro, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013..... 75
- Anexo 7:** Análisis de variancia para el rendimiento (kg/ha), calculado con el peso de los granos de cada panojas, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05.y 0,01. La Molina 2013..... 76
- Anexo 8:** Análisis de variancia para el rendimiento (kg/ha), calculado con lo obtenido de los surcos centrales, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013..... 76
- Anexo 9:** Cartilla de evaluación de severidad (%) del mildiú en quinua Pasankalla. La Molina 2013..... 77

<b>Anexo 10:</b> Severidad del mildiú causado por <i>P. variabilis</i> en quinua Pasankalla. La Molina 2013. ....	78
<b>Anexo 11:</b> Promedio del ABCPE del mildiú, causado por <i>P. variabilis</i> en quinua Pasankalla por cada tratamiento y repetición. La Molina 2013. ....	79
<b>Anexo 12:</b> Datos de severidad (proporciones) del mildiú en quinua Pasankalla, que fueron ingresados en el programa SAS, para búsqueda de mejor ajuste (Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gómpertz). La Molina 2013. ....	80
<b>Anexo 13:</b> Comandos para modelo lineal ingresados al programa SAS, para encontrar el modelo de mejor ajuste para el mildiú de quinua Pasankalla como respuesta a los tratamientos para su control. La Molina 2013. ....	85
<b>Anexo 14:</b> Cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y distribución de residuales (M. malo, R. regular, B. bueno y MB. Muy bueno), para los diferentes modelos epidemiológicos (Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz) con tres repeticiones (I, II y III) de la severidad del mildiú en quinua Pasankalla. La Molina 2013. ....	86
<b>Anexo 15:</b> Calidad de granos de quinua Pasankalla en respuesta a los tratamientos de control de <i>P. variabilis</i> . La Molina 2013. ....	87
<b>Anexo 16:</b> Peso (g) de granos de quinua Pasankalla, de panojas marcadas por tratamiento. La Molina 2013. ....	88
<b>Anexo 17:</b> Cosecha de los surcos centrales y laterales., biomasa (kg/ha) de los tratamientos para el control de <i>P. variabilis</i> en quinua Pasankalla. La Molina 2013. ....	89
<b>Anexo 18:</b> Número de Oosporas de <i>P. variabilis</i> en cuatro observaciones contadas en cubreobjetos de 22 x 22 mm. La Molina 2013. ....	90
<b>Anexo 19:</b> Costo de producción de quinua Pasankalla convencional en siembra de invierno. La Molina 2013. ....	91

## I. RESUMEN

A nivel nacional el cultivo de quinua ha adquirido mucha importancia para la agro exportación, pero el “Mildiu” causado por *Peronospora variabilis* ocasiona grandes pérdidas. Por ello, se planteó como objetivo determinar el efecto de las aplicaciones foliares de productos con acción fungicida en el progreso del mildiu en quinua variedad Pasankalla. Los tratamientos fueron: Fosfito de potasio (FP), Azúcar fosfatado (KO), Lactobacillus (E), Fermentados de sólidos soluble (A), FP+E, KO+E, FP+A, KO+A, Metalaxyl (TM) y Testigo absoluto sin aplicación (T). Se evaluó: Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE), tasa del progreso del mildiú ( $r$ ), número de oosporas/kg de semilla y rendimiento. La severidad de la enfermedad se evaluó cada dos días y se hicieron un total de 20 evaluaciones. El valor más alto del ABCPE lo tuvo el testigo absoluto (442,43); los valores más bajos fueron obtenidos en metalaxyl (175,43) y el Fosfito de potasio (199,96). Las  $r$  más bajas fueron registradas en los tratamientos FP+E (0,015), Fosfito de potasio (0,017) y Metalaxyl (0,017). El menor número de oosporas en semillas se registró en los tratamientos Metalaxyl y FP+A (3500 oosporas/kg), mientras que el Testigo obtuvo el mayor número con 17500 oosporas/kg. Los mejores rendimientos se obtuvieron con los tratamientos Fosfito de potasio, Metalaxyl y FP+E (4059, 3686, 3568 kg/ha) respectivamente. Los tratamientos fosfito de potasio y Metalaxyl registraron mayores ingresos con respecto al testigo absoluto. En conclusión, estos resultados demuestran que el tratamiento con fosfito de potasio es una alternativa para el manejo del mildiu y para mejorar la sanidad de la semilla de quinua.

**Palabras clave:** fosfito de potasio, metalaxyl, mildiu y tasa

## II. ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa*) is an important Andean crop has become very important crop for the export agriculture and downy mildew caused by *Peronospora variabilis* induce severe economic yield losses each year. The main objective of this study was to test the effect of foliar applications of products with fungicidal action in the control quinoa downy mildew. The treatments included: Potassium phosphite (FP), Sugar phosphate (KO), Lactobacillus (E), Fermented soluble solids (A), FP + E, KO + E + A FP, KO + A, metalaxyl 35% (TM) and Control non-treated (T). The variables evaluated included: The area under the disease progression curve (AUDPC), disease Progression rates ( $r$ ), number of oospores by one kilogram of quinoa seed and grain yield. The mildew severity on plants was evaluated every two days for a total of 20 evaluations. The Control showed the highest AUDPC value (442, 43), whereas the metalaxyl and potassium phosphite treatments showed the lowest AUDPC values 175, 43 and 199, 96, respectively. Additionally, the lowest  $r$  were observed in the FP + E (0,015), potassium phosphite (0,017) and metalaxyl (0,017) treatments. The lowest number of oospores was recovered from quinoa seeds after treated with the FP+A and metalaxyl treatments (3500 oospores/kg), whereas the highest number of oospores was recovered from the Control seeds (17500 oospores/kg). The best grain yield responses to chemical treatments were potassium phosphite, metalaxyl and FP + E treatments 4059, 3686, 3568 kg/ha, respectively. Potassium phosphite and metalaxyl treatments recorded the highest net return compared to the Control. In conclusion, these results showed that treatment with potassium phosphite could be an alternative for management of quinoa downy mildew and improve the health of quinoa seed.

**Key word:** metalaxyl, mildew, potassium phosphite and rates.

### III. INTRODUCCIÓN

La quinua es un grano nativo originario de América del Sur, de las áreas andinas de Perú y Bolivia que es cultivado desde hace 7000 años y que en la actualidad se siembra en muchos países del mundo por su importancia nutricional en proteínas, aceites, minerales, fibras, etc. También es importante por su ausencia del gluten, característica que la hace apta para aquellos pacientes celíacos que padecen uno de cada 100 hombres.

Su producción es también importante para la seguridad alimentaria y la economía, no solo de las comunidades campesinas del Altiplano peruano-boliviano, valles interandinos de Perú, Ecuador y Colombia, sino también del mundo entero, ya que es una alternativa frente al cambio climático debido a su adaptabilidad a distintos ambientes y suelos.

Según reportes del Ministerio de Agricultura, la producción de quinua en el Perú se incrementó de 28668 hectáreas en el 2003 a 56605 al 2014 (MINAGRI 2014). Así mismo, se produce en 17 regiones del Perú, entre las que Puno representa el 59 por ciento del área cultivada, y lo sigue Ayacucho con el 12,5 por ciento. Sin embargo, Arequipa tiene el mejor rendimiento con 3979,5 kg/ha y Lambayeque, 2931,3 kg/ha. La SUNAT (2014), en el 2013, registró exportaciones de 18250 t, lo que generó ingresos por un total de US\$ 77,8 millones.

La enfermedad más importante de la quinua es el mildiu, causado por *Peronospora variabilis* Gäum., que ocasiona pérdidas en el rendimiento entre 33 y 58 por ciento. En condiciones de alta presión de inóculo, puede llegar incluso hasta un 100 por ciento si las condiciones son muy favorables para su desarrollo: humedad relativa mayor al 80 por ciento y temperatura entre 15 y 25 °C (Alandia *et al.* 1979; Otazú *et al.* 1976; Danielsen y Ames 2000).

La quinua Pasankalla es una variedad comercial que resalta por sus características de precocidad, granos grandes, bajo contenido de saponina y alto contenido de proteína. Se

usa principalmente como harina y expandidos. Sin embargo, según registros del Programa de Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, es considerada susceptible al mildiú.

Por la importancia del cultivo y lo expuesto líneas arriba, en el presente trabajo de investigación se hizo una prueba con productos de origen natural y químico, aplicados a las hojas en diferentes momentos, con el fin de controlar el mildiú de la quinua. El objetivo para esta investigación fue determinar el efecto de las aplicaciones foliares de productos sintéticos y bioestimulantes con acción fungicida en el progreso de la enfermedad causada por *Peronospora variabilis* Gäum. en *Chenopodium quinoa* Willd. 'Pasankalla'.

## **IV. REVISIÓN LITERARIA**

### **4.1. LA QUINUA**

La quinua, es originario de América del Sur de las áreas andinas de Perú y Bolivia es cultivada desde hace 7000 años. Existen cerca de 4000 variedades que pueden ser cultivadas desde el nivel de mar hasta los 4500 m.s.n.m. soportando condiciones extremas de agua, suelos y temperaturas (Vega 2010).

El grano de quinua posee alto contenido de proteínas (10-18 por ciento), aminoácidos esenciales como: fenilamina, triptófano, metionina, leucina, isoleucina, valina, lisina, treonina; péptidos, polifenoles, vitaminas, saponina y minerales como: Ca, Mn, Mg, Fe, Cu y K por lo cual se puede dar múltiples usos como harinas libres de gluten, expandidos, bebidas fermentadas, barras energéticas, etc. (Campos 2013).

La producción de quinua en el Perú se incrementó entre el 2003 y 2014 de 28 668 ha a 56 605 ha (MINAG 2014). Así mismo, se produce en 17 regiones del Perú, entre las que Puno representa el 59 por ciento del área cultivada, y lo sigue Ayacucho con el 12,5 por ciento. Sin embargo, Arequipa tiene el mejor rendimiento con 3979,5 kg/ha y Lambayeque, 2931,3 kg/ha. La SUNAT (2014), en el 2013, registró exportaciones de 18250 t, lo que generó ingresos por un total de US\$ 77,8 millones.

### **4.2. TAXONOMÍA**

Según USDA (s.f.), la quinua pertenece a la siguiente clasificación:

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Caryophyllidae
Orden	: Caryophyllales
Familia	: Chenopodiaceae
Sub familia	: Chenopodioidea

Género : *Chenopodium*  
Especie : *Chenopodium quinoa* Willd.

### **4.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA**

La quinua es una planta anual de tamaño muy variable, puede medir desde 1 m a 3,5 m de altura, según los ecotipos, las razas y el medio ecológico donde se cultive (Mujica 1988).

#### **a. Raíz**

La raíz de la quinua es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa. Estas características posiblemente le confieren tolerancia a la sequía y buena estabilidad a la planta. Puede tener una profundidad de 0,50 a 2, 80 m dependiendo de la raza, el ecotipo y el tipo de suelo. En general la raíz es fuerte como para soportar el peso de la planta (UNIDOS 2006).

#### **b. Tallo**

El tallo es de sección circular cerca de la raíz, transformándose a angular a la altura donde nacen las ramas y hojas. La corteza del tallo esta endurecida, mientras la médula es suave cuando las plantas son tiernas, y secan con textura esponjosa cuando maduran (Mujica 1988).

#### **c. Hojas**

Las hojas son de carácter polimorfo en una sola planta; las de la base son romboides; mientras que, las hojas superiores, ubicadas alrededor de la inflorescencia, son lanceoladas. La lámina de las hojas tiernas está cubierta por una pubescencia granulosa vesiculosa en el envés y algunas veces en el haz. Esta cobertura varia del blanco al color rojo-purpura (FAO 2000).

#### **4.4. QUINUA VARIEDAD PASANKALLA**

Variedad de Quinoa INIA 415 – Pasankalla, liberada por el INIA el año 2006. Posee alto valor nutricional, excelente calidad de grano para la transformación agroindustrial con rendimientos superiores a las tres toneladas por hectáreas (t/ha) en campo de agricultores. Es precoz pues su período vegetativo dura sólo 140 días. Además, esta variedad tiene un grano de color rojo marrón y sabor dulce, de 2 mm de diámetro, contiene 17,4% de proteínas y al ser procesada, puede llegar a reventar como “pop quinua”. Es una quinua con caracteres de exportación.

Su mejor desarrollo se logra entre los 3815 y 3900 m.s.n.m., con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, y temperatura de 4°C a 15°C. Tiene resistencia al mildiu (INIA 2006).

**Cuadro 1:** Características distintivas de dos variedades de quinua: Pasankalla roja de tallo blanco (PRTB) y Pasankalla roja de tallo rojo (PRTR). (Canahua *et al.* 2011).

Características distintivas	Variedades	
	Pasankalla roja de tallo blanco (prtb)	Pasankalla roja de tallo rojo (prtr)
1. Tipo de panoja	Glomerulata laxa	Glomerulata laxa
2. Color del tallo	Blanco con estrías verdes	Rojo con estrías blancas
3. Color del grano (pericarpio)	Color plomizo	Plomizo con manchas violetas
4. Color del epispermo (Escarificado y lavado)	Castaño/rojo	Castaño/rojo
5. Diámetro grano (mm)	2,12	2,078
6. Altura planta (cm)	81,11	88,85
7. Plantas atípicas (%)	2,08	2,12
8. Peso hectolítrico grano (g/l)	656,80	639,20
9. Rendimiento grano: kg/ha	2 510	2 330
10. Contenido saponina (grano)	Trazas (dulce)	Trazas (dulce)
11. Ciclo vegetativo (días, promedio)	157	170
12. Respuesta a factores bióticos y abióticos	Susceptible a heladas (-2°C) y al granizo. Tolerante al mildiú ( <i>Peronospora variabilis</i> ). Susceptible al ataque de aves	Susceptible a heladas (-2°C) y al granizo. Tolerante al mildiú. ( <i>Peronospora variabilis</i> ). Susceptible al ataque de aves
13. Uso tradicional y pruebas de incorporación a la gastronomía turística.	- Harina tostada	-Harina tostada
	-Expandidos	-Expandidos
	- Graneado	-Graneado
	-Pastel	-Pastel

## 4.5. MILDIÚ DE LA QUINUA

### 4.5.1. SISTEMÁTICA

Clase : Oomycete

Orden : Peronosporales

Familia : Peronosporaceae

Especie : *Peronospora variabilis* Gäum. (Choi *et al.* 2010)

*Peronospora farinosa* f.sp. *Chenopodii* (Fr.) Fr. “El mildiú de la quinua”

*Peronospora effusa* (Grev. ex Desm.) Ces (Bazán, 1965, 1973).

Anteriormente conocido como *Peronospora farinosa* y posteriormente Choi *et al.* (2010), publica el nombre *Peronospora variabilis* Gäum., como la especie que causa la enfermedad de mildiú en quinua. Plata *et al.* (2013), a través de pruebas moleculares demuestra que todos los aislamientos bolivianos corresponden a *Peronospora variabilis* y reflejan una sola población.

Solveig y Ames (2008), indican que son parásitos obligados (biotróficos) altamente especializados que parasitan plantas vasculares causando mildiú en un rango limitado de especies. *P. variabilis* afecta especies de la familia Chenopodiaceae a la cual pertenecen los géneros *Beta*, *Spinacia* y *Chenopodium*. Un aislamiento de *P. variabilis* sólo afecta al género del cual ha sido aislado. Debido a esta especialización fisiológica el patógeno está subdividido en 3 grupos según sus hospedantes: *P. farinosa* f.sp. *betae* en *Betas* pp., *P. farinosa* f.sp. *Spinaciae* en *Spinacia* spp., y *P. variabilis* en *Chenopodium* spp.

### 4.5.2. MORFOLOGÍA

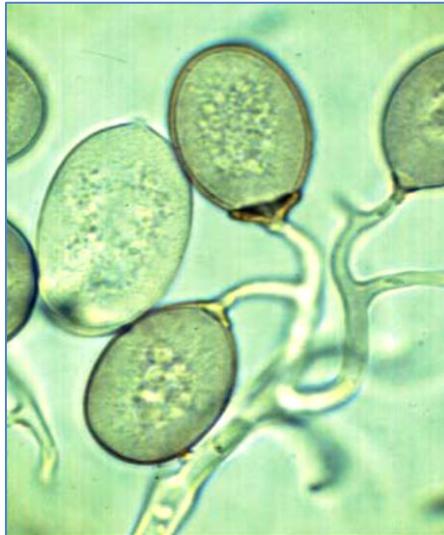
Se caracteriza por tener un micelio intercelular, a excepción de los haustorios que son intracelulares. Los conidióforos salen a través de los estomas solo o en grupos, y con una longitud de 9 a 11 micras. Las ramificaciones principales de los conidióforos están dispuestas en ángulo agudo, las que en su parte terminal de las ramificaciones dicotómicas, presenta esporangios con papilas hialinas, continuas, de 17-26 X 22-37 micras de tamaño, y germinan por un tubo germinativo. Las oosporas son bruno amarillas y esféricas, de paredes gruesas y de un diámetro variable entre 35-45 micras (Bazán1965).

La estructura vegetativa del patógeno está constituida por hifas en las cuales se forman esporangióforos y esporangios. Las hifas son cenocíticas (sin septa) y multinucleadas, se desarrollan en los espacios intercelulares de las hojas del hospedante y proyectan haustorios que les sirven como órganos de absorción dentro de las células. El patógeno afecta principalmente la hoja formando en la cara inferior los esporangióforos los cuales son arborescentes, dicotómicamente ramificados 4 a 5 veces en ángulo agudo y terminan en 2 - 3 extremos flexuosos dispuestos en ángulo recto o agudo, en los que se insertan los esporangios (Figura 1). Son de crecimiento determinado y cuando alcanzan el tamaño definido forman los esporangios, por esta circunstancia todos los esporangios son de la misma edad. Los esporangios son deciduos (a la madurez se desprenden del esporangióforo), ovoides, con una papila apical translúcida (Figura 2). Tienen la pared ligeramente rugosa y el protoplasma granuloso. Son de color castaño claro translúcido y germinan directamente formando un tubo germinativo (no producen zoosporas como ocurre con otros Oomicetes). Por esta forma de germinar se les designa indistintamente con los nombres de esporangio, espóra o conidia. Las oosporas son esporas sexuales que pueden sobrevivir períodos largos entre cultivos. En quinua las oosporas son transmitidas por semilla y suelo, sirviendo así como fuentes de inóculo primario para el inicio de epidemia (Solveig y Ames2008).

Mercado (2001), Observó que la transmisión de mildiú de la quinua a través de oosporas que se alojan en el pericarpio de la semilla, menciona también que las condiciones de alta humedad favorecen a la aparición de la enfermedad y a nivel de infección primaria de plántulas.



**Figura 1:** *Peronospora variabilis*. Zoosporangióforo y zoosporangios (Danielsen 2008).



**Figura 2:** *Peronospora variabilis*. Zoosporangios (Danielsen 2008).

Cuando recién se forma la oospora la pared externa o episporio es gruesa, ondulada y hialina, pero a medida que la oospora madura y cambia a un color marrón dorado, la pared también se oscurece. A diferencia de los organismos homotálicos, que pueden formar las estructuras sexuales compatibles en el mismo talo, *P. variabilis* es un organismo heterotálico, por lo tanto, para que se forme la oospora es necesaria la presencia de dos talos genéticamente distintos y sexualmente compatibles (tipos de apareamiento). En pruebas realizadas en el laboratorio se ha logrado producir oosporas haciendo cruzamientos entre aislamientos colectados en diferentes lugares del Perú y Bolivia, lo que significa que en dichos países existen los dos tipos de apareamiento necesarios para que se

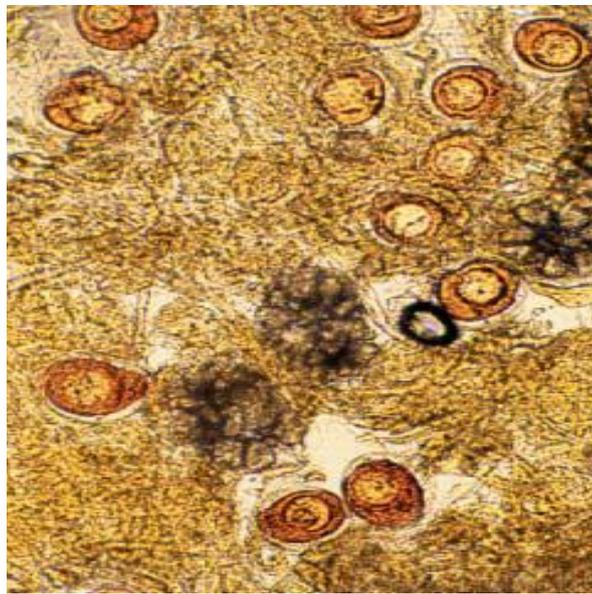
produzca la estructura sexual. Además, se han encontrado oosporas en hojas viejas infectadas colectadas en campos de diferentes lugares (Huancayo, Puno, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, La Paz), lo que significa que los dos tipos de apareamiento, P1 y P2, están presentes en todas las zonas de mayor importancia para el cultivo de quinua. Sólo en Lima no se ha detectado oosporas en hojas de quinua colectadas en el campo, ni en especies silvestres (*C. album*, *C. murale*) infectadas con *P. variabilis* (Danielsen 2008).

#### **4.5.3. CICLO DE VIDA**

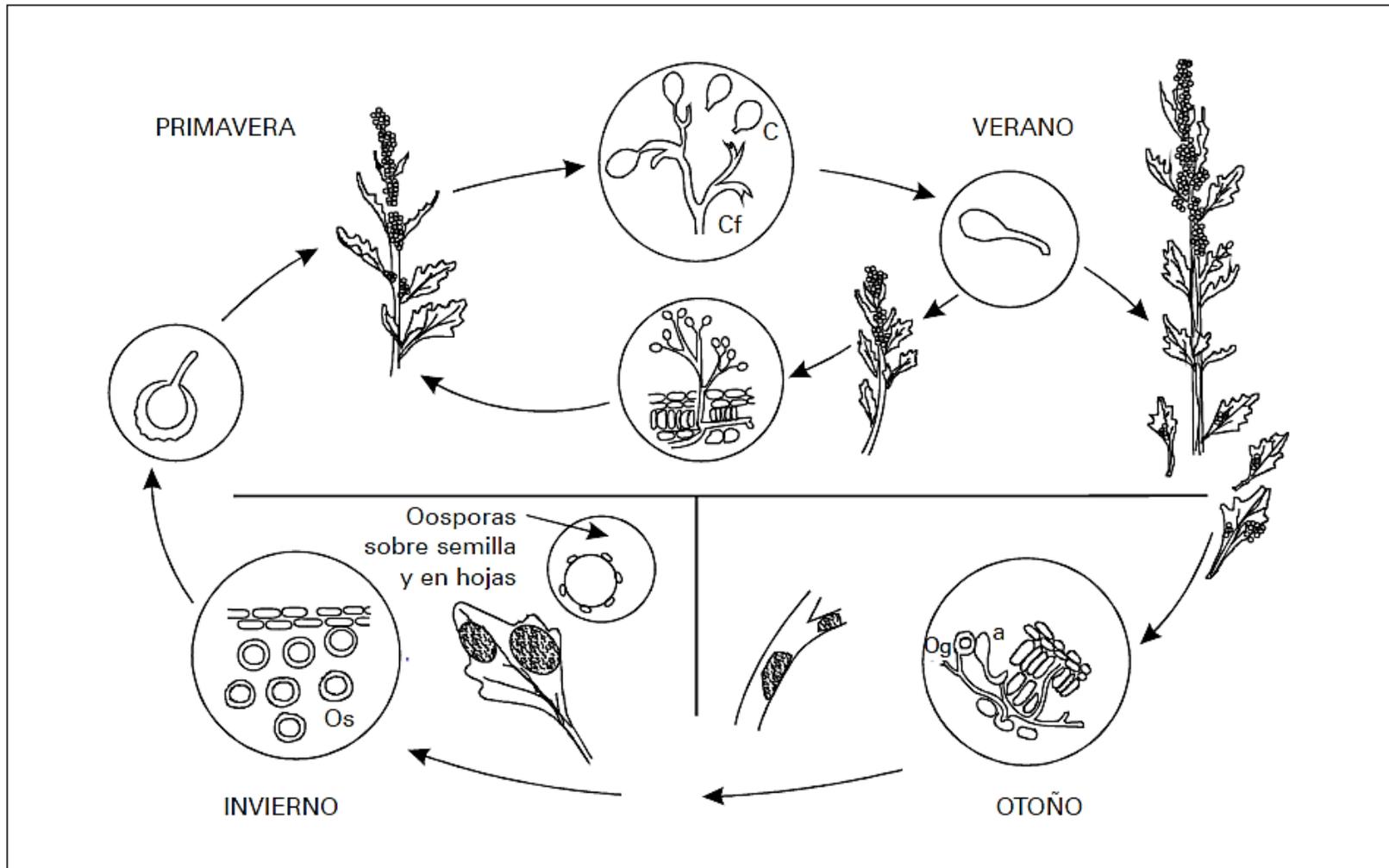
Cuando un esporangio cae sobre una hoja de quinua, germina directamente produciendo un tubo germinativo, siempre que haya humedad relativa alta en el aire (>80 por ciento).

El tubo germinativo forma en su extremo un apresorio provisto de una hifa infectiva que perfora la epidermis y después de un periodo de latencia comienza a crecer formando micelio que se desplaza por los espacios intercelulares del mesófilo. Cinco a seis días después de la penetración, durante los cuales el patógeno se ha desarrollado vegetativamente dentro del hospedante, se inicia la producción de esporangióforos que se proyectan hacia la superficie inferior de la hoja a través de las estomas. Los esporangióforos, una vez que alcanzan su desarrollo máximo, forman los esporangios, que son las estructuras propagativas del patógeno capaces de mantener la epidemia durante todo el ciclo en que la planta hospedante permanece en el campo. En este momento la zona afectada muestra los primeros síntomas de la enfermedad, que consisten en una ligera clorosis como prueba de que las células afectadas se están debilitando y perdiendo su capacidad de síntesis. Este estado coincide con el de esporulación plena por parte del patógeno. Finalmente, la parte afectada se necrosifica al tiempo que también desaparece la parte vegetativa del patógeno. Durante la época de cultivo se pueden producir varias generaciones durante las cuales el patógeno se reproduce asexualmente (esporangios) y reduce infecciones sucesivas (policíclicos). Durante este tiempo se establece entre hospedante y patógeno una suerte de equilibrio que se rompe cuando el tejido foliar parasitado comienza a deteriorarse y por lo tanto ya no puede proporcionar al patógeno los nutrientes que necesita para seguir desarrollándose vegetativamente. El parásito forma estructuras sexuales que aseguran su perpetuidad. Se forman anteridios y oogonios entre

los cuales se realiza la fecundación y como resultado se forman las oosporas (Figura 3), que tienen la capacidad de mantenerse vivas por mucho tiempo dentro del tejido de la cubierta de la semilla, en la hojarasca que queda después de la cosecha o simplemente libres en el suelo después que se ha descompuesto el tejido foliar. Las oosporas sirven como fuente primaria de inóculo en la siguiente campaña agrícola. En presencia de un hospedante susceptible y suficiente humedad, las oosporas que han permanecido inactivas en estado latente, germinan e inician un nuevo ciclo de vida. Hay que tener presente que durante una campaña agrícola se pueden producir varios ciclos asexuales del patógeno pero sólo un ciclo sexual (Figura 4).



**Figura 3:** Oosporas de *P. variabilis* en tejido foliar (Danielsen 2008).



**Figura 4:** Ciclo de vida de *Peronospora variabilis* en la zona andina. Cf, esporangióforo; C, esporangio; a, anteridio; Og, Oogonio y Os, Oospora (Tapia *et al.* 1979)

#### 4.5.4. EPIDEMIOLOGÍA

El mildiú 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 (Alandia *et al.* 1979, Otazú *et al.* 1976, Danielsen y Ames 2000).

Son factores determinantes para el crecimiento del patógeno y la diseminación de la enfermedad en el campo y dentro de una región. La presencia de rocío al amanecer y la persistencia de éste hasta altas horas de la mañana permiten que las esporas germinen y penetren el tejido de la hoja para continuar con los procesos epidemiológicos comunes. La germinación de los esporangios depende fundamentalmente de la presencia de humedad relativa alta y persistente, tanto así que en años con poca precipitación, la enfermedad no se presenta o no causa mayor daño. La enfermedad puede iniciarse desde que la planta está pequeña, por el inóculo presente en el suelo o en la semilla infectada. En cámara de crecimiento se ha observado esta infección primaria como 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 durante el periodo de cultivo por medio de esporangios que se desplazan por acción del viento y caen en 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 en cuanto a defoliación y pérdida de rendimiento se produce con la infección temprana. Se ha encontrado mildiú donde quiera se siembre quinua (Norte América, Sur América, Europa) siempre y cuando las condiciones climáticas lo permitan (Danielsen 2008).

El mildiú para su expresión requiere de condiciones ambientales más o menos específicas, siendo la alta humedad relativa del ambiente la condición más preponderante, aunque también se requiere temperaturas relativamente frescas. Por tanto, la enfermedad no se presenta con la misma intensidad en las diferentes zonas de producción de quinua (Bonifacio 2001).

#### 4.5.5. SÍNTOMAS EN LA PLANTA

La enfermedad se caracteriza por producir en hojas manchas amarillas-pálido de tamaño variable. Cuando la infección se produce en plantas jóvenes, estas quedan pequeñas y amarillentas. En condiciones de alta humedad, las manchas correspondientes a la cara inferior de las hojas se cubren de una eflorescencia blanca al principio y gris purpúrea (Bazán 1965). Los síntomas de la enfermedad son claramente visibles por el amarillamiento de las hojas que empieza con manchas irregulares hasta la defoliación completa en las variedades susceptibles. Los efectos del mildiú son la reducción del rendimiento y la pérdida de calidad del grano al ser opacado o negreado en su capa externa (Bonifacio 2006).

Inicialmente se hace evidente 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 la infección por *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 picadura 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 comprometen 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 el 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. A nivel de campo es difícil distinguir entre los diferentes factores que causan defoliación, pero se ha podido

comprobar que en algunos cultivares altamente susceptibles (ej. Utusaya), el mildiú puede causar una defoliación de 100 por ciento y como consecuencia se produce la maduración prematura. En otros cultivares la defoliación es menos pronunciada. En el cultivar La Molina 89, con resistencia mediana, la defoliación parece ser un mecanismo de defensa de la planta. Se ha podido ver en el campo que la infección temprana en las primeras hojas verdaderas provoca la caída de las mismas, lo cual reduce la diseminación del patógeno a las hojas nuevas. En la semilla cosechada se observa a simple vista granos con una coloración ligeramente oscura. Estos granos generalmente contienen oosporas dentro de las células de la cubierta, aunque el oscurecimiento también puede ser causado por *Alternaria* sp. En un campo afectado se observa a menudo la presencia de plantas con desarrollo limitado o completamente enanizadas, en algunos casos con las hojas distorsionadas y las inflorescencias pequeñas y retorcidas. Esto presumiblemente sea consecuencia de una infección sistémica que ocurre cuando la infección inicial se ha producido en estado de plántula por inóculo proveniente del suelo o de la semilla (Danielsen y Ames 2008), provocando la reducción del área fotosintética de la planta, y consecuentemente afecta en forma negativa en el desarrollo de la planta y en el rendimiento (Bonifacio 2001).

#### **4.5.6. EVALUACIÓN DE LA ENFERMEDAD**

Para estudiar la epidemiología de una enfermedad o identificar factores de resistencia y virulencia, es necesario contar con un método de evaluación confiable y reproducible.

En cultivares con alto nivel de resistencia, la incidencia de mildiú en años propicios para el desarrollo de la enfermedad frecuentemente alcanza el 100 por ciento. La severidad explica mejor el desarrollo de la enfermedad en términos de intensidad. La mayoría de las escalas de evaluación del mildiú que existen para la quinua, se basan en el porcentaje del área foliar afectada. Una escala de 0 a 10 (0 = ninguna infección, 1 = 1-10 por ciento área foliar afectada, 2 = 11-20 por ciento etc.) está basada en la evaluación del área foliar afectada de toda la planta; mientras otra escala, considera de 0-5 (0 = sin infección, 1 = 1-20 por ciento, 2 = 21-40 por ciento etc.) está basada en la evaluación del área foliar afectada del tercio medio de la planta. No existe un método estandarizado y por lo tanto los datos son poco comparables. En el caso de la quinua, este tipo de escala puede no ser muy

precisa, considerando el tamaño de la planta y el grado de error conectado a la evaluación, que varía mucho de persona a persona. Lo ideal en este caso es adoptar un método que se adapte a las necesidades de la investigación que se está realizando y que minimice los errores de evaluación. Cualquier método que se use, siempre va a estar sujeto a cierto error. Un estudio realizado para comparar ocho métodos de evaluación de mildiú en quinua: 1) Severidad en toda la planta; 2) Severidad en el tercio inferior; 3) Severidad en el tercio medio; 4) Severidad en el tercio superior; 5) Severidad en tres hojas por planta; 6) Escala 0 - 10; 7) Escala 0 - 5; 8) incidencia, mostró que el nivel de mildiú medido como severidad con los métodos 1 a 5 estuvo correlacionado al rendimiento y que no hubo mucha diferencia entre éstos. Por el contrario, el nivel de mildiú medido con los métodos 6 a 8 estuvo menos correlacionado al rendimiento y no permitió distinguir claramente la resistencia entre cultivares. Para disminuir el error y uniformizar los datos, se ha ideado el método basado en el porcentaje de área afectada de tres hojas por planta (una de cada tercio, y escogidas al azar). El valor que se da por planta es el promedio de las tres hojas evaluadas (Danielsen 2008). Para describir el desarrollo de la enfermedad a lo largo de la época del cultivo e identificar diferencias entre cultivares se puede calcular un valor del área bajo la curva de progreso de la enfermedad, descrito originalmente en inglés como ‘*area under disease progress curve*’ (AUDPC), en base a mediciones de severidad. Esto requiere un mínimo de tres evaluaciones por campaña. La fórmula general para el cálculo de (AUDPC) es:

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

Donde  $n$  es el número de evaluaciones,  $y$  es la severidad y  $t$  es el número de días después de la siembra en que se hace la evaluación. Se incluye  $(t, y) = (0, 0)$  como la primera evaluación. El AUDPC es útil para comparar el desarrollo de la enfermedad bajo distintas condiciones climáticas y para evaluar la susceptibilidad/resistencia de germoplasma, incluyendo siempre un cultivar altamente susceptible como testigo (Vanderplank 1963, Shaner y Finney 1977).

#### 4.5.7. CONTROL

El manejo del mildiú de la quinua, se basa en tres componentes: a) control cultural, basados en rotaciones de cultivo, prácticas agronómicas para disminuir la humedad en el campo (distancia de surcos y plantas, drenaje, dirección de surcos con respecto al viento), asociación o mezcla de cultivos. Es necesario recurrir a métodos de control compatibles con la demanda para aumentar la productividad de quinua y al mismo tiempo conservar el medio ambiente y la salud (León 2003); b) uso de variedades resistentes y/o tolerantes y multilíneas y, c) control químico, aplicando fungicidas foliares como Ridomil, Poliram combi, Cupravit OB-21, Manzate D y Lonacol a una dosis de 1,5 kg/ha (Lázaro 1984). Conjugando armónicamente los diferentes métodos de control de mildiú, se puede brindar una protección integral al cultivo, basado en una buena selección de semilla libre de patógenos, manejo racional y oportuno de las prácticas agronómicas, uso de variedades resistentes y/o tolerantes, uso selectivo de fungicidas y otros métodos de control compatibles con el equilibrio ecológico (Ortiz *et al.* S.f.).

Los fosfitos son productos que tienen acción como activador de la resistencia sistémica adquirida (SAR) dentro de la planta, su rango de acción es específico, sólo actúa sobre una familia de Oomicetos en la cual tiene un efecto preventivo y curativo. El fosfito ( $\text{HPO}_3^{2-}$ ) es un estimulador en la formación de las fitoalexinas. Las fitoalexinas formadas específicamente por los fosfitos tienen un efecto directo sobre los pseudohongos u Oomicetos como *Phytophthora*, *Pseudoperonospora*, *Peronospora*, *Pythium*, *Albugo*, *Bremia*, etc. (EDA 2008).

Los fosfitos tienen una acción eficiente cuando está dentro de la planta, estimulando las reacciones de defensa como la producción de compuestos fenólicos que forman bandas osmófilas que rodean a la célula de penetración del pseudohongo (Pantoja 1994).

Algunos resultados experimentales observados de la aplicación de fosfitos han demostrado que los tratamientos preventivos a la planta resultarían en un nivel alto de fitoalexinas, seis veces más que en condiciones normales, previniendo e inhibiendo el ataque fungoso (Schwinn y Margot 1991).

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El presente experimento se realizó en los campos del programa de Cereales y Granos Nativos, y en el laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, cuya ubicación geográfica se precisa a continuación.

Latitud	:	12°15' S
Longitud	:	76° 57' O
Altitud	:	243 m.s.n.m.
Región	:	Lima
Provincia	:	Lima
Distrito	:	La Molina

### **5.2. MATERIAL GENÉTICO**

Se empleó semilla botánica de la variedad Pasankalla que fue seleccionada en el programa de Cereales y Granos nativos de la UNALM.

### **5.3. ANÁLISIS DE SUELO**

Las muestras de suelo fueron tomadas de acuerdo al protocolo establecido por el Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Este análisis de caracterización fue realizado en el mismo laboratorio.

### **5.4. DATOS METEOROLÓGICOS**

Los datos de temperatura y humedad relativa fueron registrados con una estación meteorológica Davis Vantage pro 2 de la Clínica de diagnóstico de Fitopatología de la UNALM.

## 5.5. DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS COMO TRATAMIENTOS

En el Cuadro 2 se aprecian los 10 tratamientos aplicados foliarmente. Se probó el efecto de cinco productos comerciales, entre ellos el tratamiento a base de metalaxyl (TM), que fue el testigo del Programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM y un Testigo absoluto sin aplicación.

**Cuadro 2:** Tratamientos empleador, para el control del mildiú de la quinua.

Nº	Código	Tratamientos
1	<b>FP</b>	Fosfito de potasio (Kalex)
2	<b>KO</b>	Azúcar fosfatado (Kolapzer)
3	<b>E</b>	Lactobacillus (Ecovida)
4	<b>A</b>	Fermentados de sólidos solubles (AGRO MOS)
5	<b>FP+E</b>	Fosfito de potasio + Lactobacillus
6	<b>KO+E</b>	Azúcar fosfatado + Lactobacillus
7	<b>FP+A</b>	Fosfito de potasio + Fermentados de sólidos solubles
8	<b>KO+A</b>	Azúcar fosfatado + Fermentados de sólidos solubles
9	<b>TM</b>	Testigo Metalaxyl (Fitoklin)
10	<b>T</b>	Testigo absoluto (sin aplicación)

### 5.5.1. FOSFITO DE POTASIO (KALEX)

Es un fertilizante especial a base de fosfito de potasio 70 por ciento (700 g/L) equivale a 475 g/L de ácido fosforoso con un alto contenido de elementos nutricionales, específico para la aplicación foliar y de fertiriego. La actividad del producto está ligada a la acción del ion ( $PO_3^-$ ) el cual es fácilmente absorbido por vía foliar y/o radicular, cuya característica de sistemicidad protege a la planta (frutales, hortalizas, etc.) de las infecciones de los hongos y de las bacterias. Además, tiene la particularidad de desarrollar ácido fosforoso el cual, una vez absorbido, induce la producción de fitoalexinas (sustancias de tipo fenólico) que predispone a la planta a defenderse contra algunas enfermedades. Su aplicación temprana favorece la formación de las raíces, estimula la floración y protege el sistema inmunológico de los cultivos. Este producto ayuda a la eficacia nutritiva del fósforo y del potasio, y a una actividad anti fúngica muy elevada, por la forma particular en que se encuentra el fósforo (Química Suiza 2013).

### **5.5.2. FERMENTADOS DE SÓLIDOS SOLUBLES (AGRO MOS)**

El Agro Mos es un producto compuesto de la fermentación de sólidos solubles, rico en nutrientes y aminoácidos que ayudan en los procesos fisiológicos y en la resistencia de la planta. Su composición consta de nitrógeno (0,19 por ciento y, de ese total, 0.19 por ciento es orgánico soluble en agua), cobre (4 por ciento y, de ese total, 3,2 por ciento es soluble en agua), productos de fermentación líquida bacteriana (70 por ciento) y levadura de cerveza deshidratada (10 por ciento) (Neoagrum sf).

### **5.5.3. AZÚCARES FOSFATADOS (KOLAPZER)**

El Kolapzer es un bioestimulante vegetal y antagonista de los complejos enzimáticos celulares que, frente a hongos fitopatógenos, actúa como antagonista fisiológico a nivel celular y destruye la integridad de la célula fúngica. Actúa atravesando la membrana y la pared celular e ingresa al citoplasma, donde desestabiliza el metabolismo celular. De esa manera, produce la ruptura de la membrana y causa la destrucción total de la célula, debido a que está compuesto por una biomolécula fisiológicamente activa formada por azúcares fosfatados. Controla el desarrollo y ataque entre varios fitopatógenos como *Phytophthora sp.* y *Peronospora sp.* (TQC 2013).

### **5.5.4. LACTOBACILLUS (ECOVIDA)**

Ecovida es un consorcio de microorganismos benéficos, principalmente bacterias lácticas *Lactobacillus sp.*, no transgénico, de amplio uso en el sector agropecuario. Es rico en ácidos orgánicos y ácidos lácticos, que son agentes supresivos de patógenos. Promueve la fermentación de materia orgánica, solubiliza sales y favorece la disponibilidad de los nutrientes del suelo. Contiene, además, sustancias nutritivas como vitaminas, macro elementos, micro elementos y factores de crecimiento (EcoCampo sf).

### **5.5.5. METALAXYL (FITOKLIN)**

Fitoklin es un fungicida sistémico de amplio espectro que actúa en forma preventiva y curativa contra *Phytophthora*, *Pseudoperonospora*, *Pernospora*, *Bremia*, *Plasmopara*, etc. Posee propiedades antiesporulantes. Las finas partículas de este producto

facilitan su aplicación vía sistema de riego o con cualquier equipo de aspersión. Actúa a través de un mecanismo de acción que interfiere la síntesis de proteínas, mediante la inhibición de la biosíntesis del RNA ribosomal. Su composición química consta de 350 g/kg de metalaxyl y 650 g/kg de ingredientes inertes (TQC 2014).

## **5.6. DOSIS Y FRECUENCIA DE APLICACIÓN**

La dosis y frecuencia de aplicación de los productos que se emplearon para el control del mildiú estuvieron basadas en las fichas técnicas de cada producto y la fenología del cultivo. Los tratamientos con fosfito de potasio, azúcares fosfatados y metalaxyl se aplicaron en tres oportunidades a partir de los 24 días después de la siembra (dds) y con una frecuencia de 15 días. Los tratamientos con *Lactobacillus* y fermentados de sólidos solubles inició sus aplicaciones a los 12 dds con una frecuencia de 10 días, y se hicieron un total de seis aplicaciones (Cuadro 3).

**Cuadro 3:** Relación de productos comerciales empleados, dosis y frecuencias de aplicación.

Ingrediente activo	Firma Comercial	Nombre comercial	Modo de acción	Dosis	14-ago	26-ago	05-sep	10-sep	15-sep	25-sep	05-oct
					12 dds	24 dds	34 dds	39 dds	44 dds	54 dds	64 dds
Fosfito de potasio 70%	Quimica Suiza	Kalex	Fertilizante e inductor químico de resistencia.	500 cc/cil		x		x		x	
Azúcares fosfatados	TQC	Kolapzer	Bioestimulante y antagonista (disruptor de la membrana celular).	4 L/ha		x		x		x	
Metalaxil 35%	TQC	Fitoklin	Sistémico, con acción curativo y preventivo, interfiere con la síntesis de proteína.	200 g/cil		x		x		x	
Lactobacillus	Eco Campo	Ecovida	Bioestimulantes con macro y microelementos. Desinfectante, biocida.	1000 cc/cil	x	x	x		x	x	x
Fermentados de sólidos solubles	Neoagrum	Agro-Mos	Rico en nutrientes y aminoácidos que promueve la resistencia. Contiene Cu.	500 cc/cil	x	x	x		x	x	x

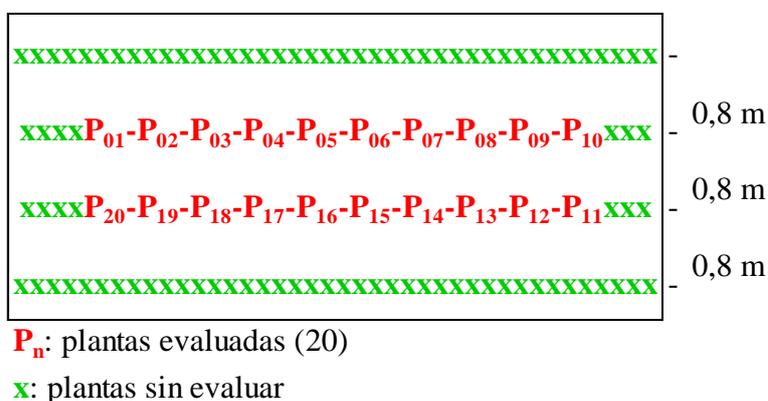
**dds:** Dias después de la siembra

## 5.7. VARIABLES DE EVALUACIÓN

### 5.7.1. SEVERIDAD

Se marcaron 20 plantas de los dos surcos centrales de cada parcela (Figura 5). La unidad muestral fue una planta completa, que se evaluó en 20 ocasiones distintas y con una frecuencia de dos días, con el propósito de obtener datos de las mismas unidades.

La severidad se determinó midiendo la proporción o porcentaje de la planta afectada, por aproximación o estimación visual directa, empleando valores enteros que oscilaron entre 0 y 100 por ciento.



**Figura 5:** Esquema de distribución de las plantas marcadas para su evaluación.

### 5.7.2. ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE)

Para describir el desarrollo de la enfermedad con los diferentes tratamientos, se calculó el valor de las áreas bajo las curvas de progreso de la enfermedad (ABCPE), descrito originalmente en inglés como ‘*area under disease progress curve*’ (AUDPC), en base a mediciones de severidad, para lo cual se empleó la siguiente formula:

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

Donde  $n$  es el número de evaluaciones,  $y$  es la severidad y  $t$  es el número de días después de la siembra en que se hace la evaluación. Se incluye  $(t, y) = (0, 0)$  como la primera evaluación (Vanderplank 1963; Shaner y Finney 1977).

### 5.7.3. COMPARACIÓN DE LA TASA

Los 10 tratamientos presentaron diferentes curvas del progreso de la enfermedad, por lo que se los consideró 10 epidemias. Cada epidemia tuvo distintas tasas ( $r$ ) del progreso de la enfermedad, que se ajustaron a diferentes modelos epidemiológicos (Exponencial, Logístico y Gompertz). Por ello, la  $r$  se comparó en forma indirecta por medio de la estandarización de la  $r$  a la tasa relativa del incremento de la enfermedad  $\rho$  ( $rho$ ) para ser contrastados estadísticamente (Madden 1986).

$$\rho = \frac{r * k}{2m + 2}$$

Donde  $r$  es la tasa de la enfermedad,  $k$  nivel máximo teórico de la intensidad de la enfermedad ( $0 \leq k \leq 1$ ),  $m$  parámetro forma,  $m = 2, 0, 1$  ó  $2$  para los modelos exponencial, monomolecular, gómpertz y logístico, respectivamente.

### 5.7.4. CUANTIFICACIÓN DE OOSPORAS

Se empleó un método combinado y modificado de Danielsen (2008), para *P. variabilis* en quinua, y Pathank (1978), para *P. manshurica* en soya. Para este propósito se pesó un gramo de quinua libre de impurezas y perigonios. En un tubo de prueba, se remojaron las semillas con 10 ml de agua, por un periodo de 60 min., y se agitó cada 10 min., con la ayuda de un vórtex durante tres minutos. Después, se tomaron cinco mililitros de la suspensión que fueron centrifugados durante seis minutos a velocidad 9 (2500 rpm aprox.) en una centrifuga Germmy PCL-05. El sobrenadante se eliminó y el sedimento fue resuspendido en seis gotas de agua destilada. Finalmente, dos gotas de la suspensión fueron examinadas con un microscopio a aumento de 100X. Este procedimiento se realizó en cuatro repeticiones por cada muestra.

El número de oosporas en un kg de semilla se obtuvo del producto entre el promedio del número de oosporas de las 4 observaciones con el factor 3 (6 gotas resuspendidas / 2 gotas evaluadas para el conteo), el factor 2 (10 primeros mililitros en que se remojó las semillas / 5 ml que fue centrifugado) y el valor 1000, para expresarlo en un kilogramo de semilla (ver fórmula).

$$\text{Nº De oosporas / kg de semilla} = \text{Promedio de 4 observaciones} \times 3 \times 2 \times 1000$$

### 5.7.5. RENDIMIENTO

Se realizaron dos modalidades de cosecha. La primera consistió en cortar las panojas que fueron marcadas para evaluar severidad del mildiú. Cada una de las panojas fueron colocadas en bolsas de papel kraft para cosecharlas manualmente y así calcular el rendimiento (kg/ha) considerando 33 plantas por metro lineal (ver fórmula). En la segunda modalidad, las plantas de los dos surcos centrales de cada parcela fueron cortadas grupalmente y cosechadas con una trilladora estacionaria. Para este segundo caso el rendimiento se estimó a partir del área de los dos surcos centrales (6,4 m<sup>2</sup>).

$$\text{Rendimiento (Kg/ha)} = \frac{\text{ML} \times 33 \times \text{PGP}}{1000}$$

Dónde *ML* es son los metros lineales por hectárea (100m/0,8m x 100 m = 12500 m) y *PGP* peso (g) de granos por cada panoja.

### 5.7.6. CONTENIDO DE PROTEÍNA

Se midió el contenido de proteína en granos expresado en porcentaje, través del método físico utilizando el equipo Infratec™ 1241 Grain Analyser. Para ello, se separaron previamente las partículas extrañas.

El Infratec™ 1241 es un analizador de grano entero que emplea la transmisión de luz cercano al infrarrojo para poner a prueba múltiples parámetros como humedad, proteína, aceite, almidón, etc. (Infratec sf.).

### **5.7.7. PESO DE 1000 GRANOS**

Para el conteo de los 1000 granos se empleó el equipo COUNT-A-PAK® SEED, el cual, a través de la acción vibratoria electromagnética de la taza, movió las semillas hacia la parte superior del plato. Luego de ello, las semillas salieron por un conducto y fueron detectadas por un sensor controlado por un microprocesador. Los mil granos fueron contados nuevamente en forma manual para corroborar la calibración del equipo. Finalmente, los granos fueron pesados (g).

### **5.7.8. GRANULOMETRÍA**

Se pesaron 20 g de quinua para ser separados por diferentes diámetros (2,0; 1,7 y 1,4 mm). Para esta labor se emplearon zarandas vibratorias que se agitaron durante cinco minutos. Posteriormente, se pesó (g) cada calibre y, finalmente, se calculó el porcentaje de cada uno.

## **5.8. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con comparaciones de medias Tukey y un nivel de significancia de 0,05.

### **5.8.1. MODELO ADITIVO LINEAL**

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}.$$

Donde:

$i = 1, 2 \dots t$  (tratamientos)

$j = 1, 2 \dots r$  (bloques o repeticiones)

$Y_{ij}$  = Observación del  $i$ -ésimo tratamiento y  $j$ -ésimo bloque.

$\mu$  = Media general.

$t_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = efecto aleatorio del  $j$ -ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental

El análisis de variancia y la prueba de comparación de medias se realizaron utilizando el programa SAS (Statistical Analysis System, Version 9.1, USA).

### **5.8.2. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL**

El campo experimental consistió en tres bloques o repeticiones (BI, BII y BIII); cada uno de ellos estuvo conformado por 10 tratamientos o parcelas (Figura 6). Las características del campo experimental se presentan a continuación.

Largo del campo experimental	: 34 m.
Largo del campo experimental	: 15 m.
Área del campo experimental	: 510 m.

#### **Bloque:**

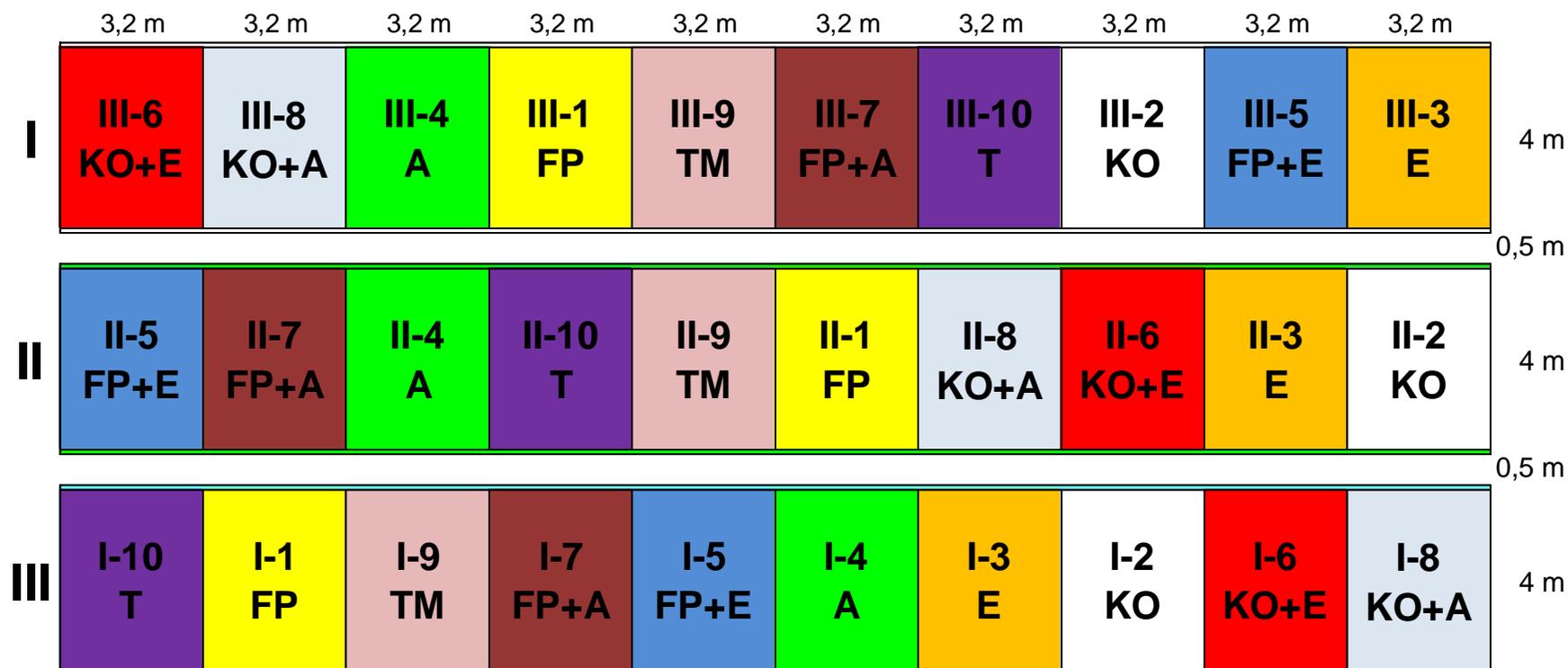
Largo	: 32 m.
Ancho	: 4 m.
Área	: 138 m <sup>2</sup>
Nº de bloques	: 03

#### **Parcelas:**

Largo	: 04 m.
Ancho	: 3,2 m.
Área	: 12,8 m <sup>2</sup>
Nº de parcelas total	: 30 unid.
Nº de parcelas/ bloque	: 10 unid.
Nº de curcos	: 04 unid.
Distancia entre surco	: 0,8 m.
Nº de plantas promedio/m.	: 33 pl.

#### **Ancho de caminos:**

Entre bloques	: 0,5 m.
Contorno del campo	: 01 m.



**Figura 6:** Distribución de bloques y parcelas del campo experimental para el control del mildiú en quinua Pasankalla. La Molina2013.

- |   |  |
|---|--|
| <b>FP</b> : Fosfito de potasio (Kalex)                | <b>FP+E</b> : Fosfito de potasio + Lactobacillus                   |
| <b>KO</b> : Azúcar fosfatado (Kolapzer)               | <b>KO+E</b> : Azúcar fosfatado + Lactobacillus                     |
| <b>E</b> : Lactobacillus (Ecovida)                    | <b>FP+A</b> : Fosfito de potasio + Fermentados de sólidos solubles |
| <b>A</b> : Fermentados de sólidos solubles (AGRO MOS) | <b>KO+A</b> : Azúcar fosfatado + Fermentados de sólidos solubles   |
| <b>TM</b> : Testigo Metalaxyl (Fitoklin)              | <b>T</b> : Testigo absoluto (sin aplicación)                       |

## 5.9. ACTIVIDADES EN CAMPO

Se colectaron muestras de suelo para su análisis de caracterización dos semanas previas a la siembra.

La siembra se realizó el 02 de agosto y la cosecha el 11 de diciembre cuando las plantas tuvieron 130 días de haber sido sembradas.

Se abonó con úrea, fosfato diamónico y cloruro de potasio, con niveles de 100 - 80 - 20 de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O, y se incorporó materia orgánica a dosis de 03 t/ha.

Las labores culturales consistieron en dos momentos de labores con maquinaria: una primera remoción de suelo o cultivado a los 11 dds, y una segunda labor que fue el aporque definitivo a los 25 dds.

Se extrajeron muestras de hojas con signos y síntomas del mildiú y fueron llevadas al laboratorio de Fitopatología de la UNALM.

Las evaluaciones de severidad se llevaron a cabo desde el 28 de agosto (26 dds) hasta el 15 de octubre (74 dds), con una frecuencia de dos días, y se hicieron un total de 20.

Las aplicaciones contra el mildiú con los tratamientos fermentados de sólidos solubles (A) y Lactobacillus (E) se iniciaron a los 12 dds, mientras que los tratamientos con fosfito de potasio (FP), azúcares fosfatado (KO) y metalaxyl (TM) fueron a partir de los 24 dds. Las aplicaciones se efectuaron con una fumigadora manual de 15 litros de capacidad en horarios de baja radiación solar.

La cosecha se efectuó a los 130 dds en dos modalidades. La primera fue hecha en forma individualizada con aquellas panojas que fueron marcadas para evaluación de severidad. En la segunda se cortaron todas las plantas de los dos surcos centrales para estimar el rendimiento.

## **5.10. ACTIVIDADES DE LABORATORIO**

Las muestras de hojas colectadas en campo con signos y síntomas del mildiú fueron llevadas al laboratorio de fitopatología de la UNALM para observar sus estructuras propagativas. Estas se tomaron en tres momentos: durante los primeros indicios de la enfermedad (3<sup>ra</sup> semana después de la siembra), cuando hubo síntomas evidentes con aproximadamente 15 por ciento de severidad, y durante el estado de formación de hojas lanceoladas.

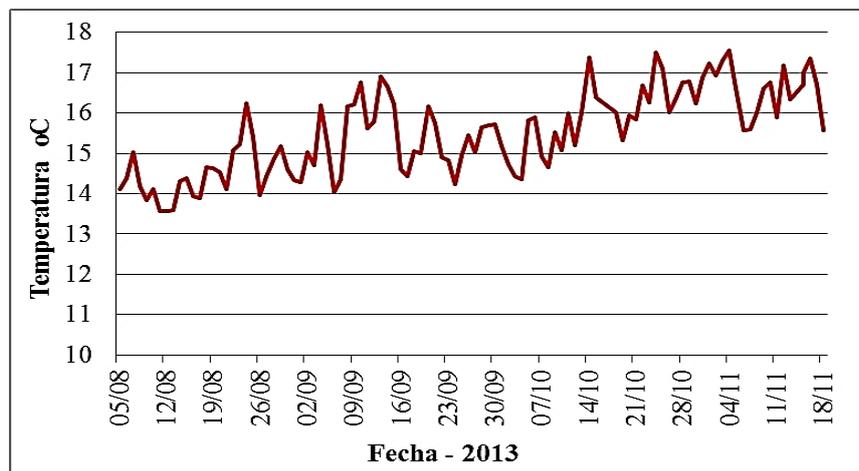
La evaluación de calidad de grano como los porcentajes de proteína, granulometría y peso de 1000 granos se realizaron en los laboratorios del programa de cereales de la UNALM una semana después de la cosecha.

De los granos cosechados a través de panojas marcadas se tomó una muestra de 20 g por cada parcela. Estas se colocaron en bolsas de papel kraft y fueron llevadas al laboratorio de Fitopatología de la UNALM. Finalmente observó y contabilizó la presencia de oosporas, y se identificaron sus características morfológicas.

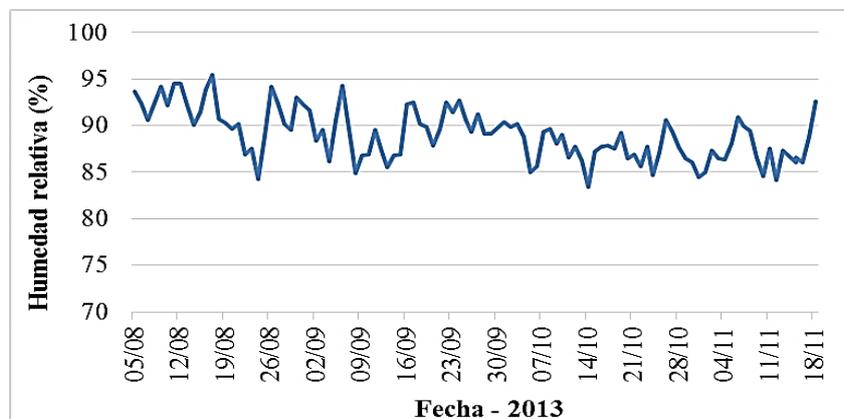
## VI. RESULTADOS

### 6.1. DATOS METEOROLÓGICOS

Los datos meteorológico entre el 28 de agosto y el 15 de octubre de 2013, periodo de evaluación de severidad, fueron favorables para el desarrollo del mildiú de la quinua. Estos tuvieron las siguientes características: temperatura media de 15,35 °C, con un máximo de 17,62 °C y un mínimo de 14 °C (Figura 7), y humedad relativa media de 89 por ciento, con un mínimo de 83,3 y un máximo de 94,25 por ciento (Figura 8).



**Figura 7:** Curva de variación de temperatura (°C) de La Molina. Datos proporcionados por la clínica de diagnóstico de la UNALM.



**Figura 8:** Curva de variación de humedad relativa (%) de La Molina. Datos proporcionados por la clínica de diagnóstico de la UNALM.

## 6.2. ANÁLISIS DE SUELO

Los resultados del análisis de suelo (Cuadro 4) tuvieron las siguientes características: textura franco arenoso, ligeramente alcalino, muy ligeramente salino, con bajos niveles de materia orgánica (1,03 por ciento) y fósforo (7,2 ppm); nivel medio de potasio (91 ppm) con cationes cambiabiles correspondiente a 1,07 por ciento de magnesio y de 1,98 por ciento de potasio; suelo no sódico (1,8 por ciento de Na) con un nivel muy alto de calcio (86 por ciento). La relación K/Mg fue igual a 0,19 y Ca/Mg 8,43, y se consideró como no deficiente en Mg y K con niveles normales de Ca.

**Cuadro 4:** Análisis de caracterización de suelo del campo experimental. UNALM, 2013.

pH	7,86
C.E.	0,79
CaCO <sub>3</sub> %	0,40
M.O. %	1,03
P ppm	7,2
K ppm	91
<b>Clase textural</b>	Franco arenoso
arena %	61
Limo %	25
Arcilla %	4
CIC	10,56
<b>Cationes cambiabiles</b>	
Calcio	9,10
Magnesio	1,07
Potasio	0,21
Sodio	0,19
Aluminio + Hidrógeno	0
Suma de cationes	10,57
Suma de bases	10,57
Saturación de bases %	100

## 6.3. FASE DE CAMPO

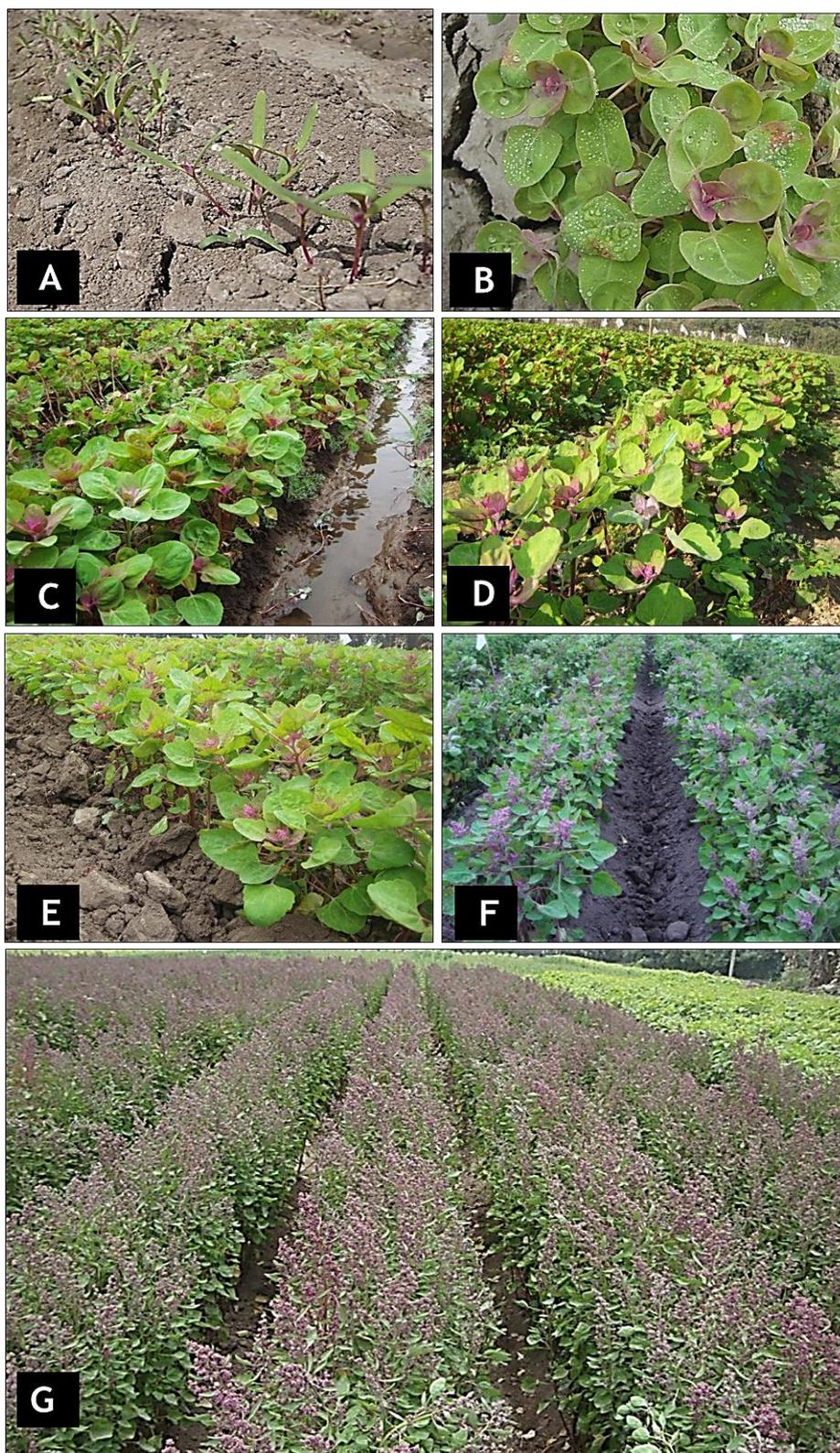
### 6.3.1. MOMENTOS DE APLICACIÓN DE LOS PRODUCTOS

En la Figura 9 se aprecian las diferentes etapas fenológicas del cultivo de quinua Pasankalla en las que se aplicaron los productos para el control del mildiú. Los productos

con fosfito de potasio 70%, azúcares fosfatados y metalaxyl se aplicaron a los 24 días después de la siembra (dds) cuando las plantas presentaron entre 4 y 6 hojas verdaderas (Figura 9-B), a los 39 dds con 8 a 10 hojas verdaderas (Figura 9-D) y a los 54 dds en inicio de formación de panojas (figura 9-F). Los productos a base de *Lactobacillus* y fermentados de sólidos solubles se aplicaron a los 12 dds cuando el cultivo formó dos hojas cotiledonales (Figura 9-A), 24 dds, 34 dds con 6-8 hojas verdaderas (Figura 9-C), 44 dds con 10-12 hojas y formación de la “pirámide de la panoja” o inicio de formación de panoja (Figura 9-E), 54 dds (Figura 9-F), y, finalmente a los 64 dds en la etapa de panojamiento (Figura 9-G).

### **6.3.2. COSECHA**

La Figura 10 nos muestra los diferentes momentos de las dos modalidades de cosecha. La primera, a través de panojas individualizadas que se muestran cortadas en la sección del inicio de la panoja, colocadas en bolsas de papel kraft y etiquetadas con el código de cada tratamiento con el que se obtuvo el grano “limpio” para estimar el rendimiento (Figura 10-C, B y C). En el segundo caso, se observan todas las plantas de los dos surcos centrales cortadas desde la base, cuando alcanzaron madurez fisiológica y humedad menor a 14 por ciento (Figura 10-D). Estas fueron cosechadas con una trilladora estacionaria (Figura 10-E), para luego separar los granos de los restos de plantas en el que se empleó una zaranda manual (Figura 10-F), y para las pajillas o perigonios se empleó una zaranda motorizada (Figura 10-G). Finalmente, tenemos como producto el grano comercial (Figura 10-H).



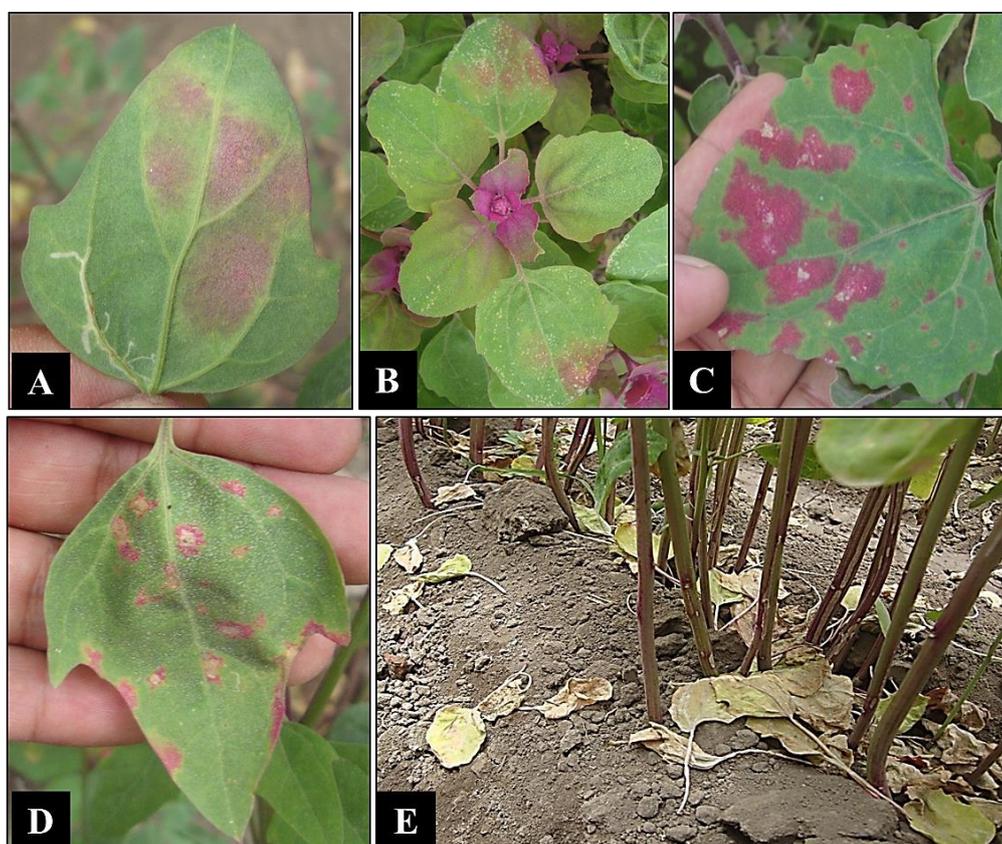
**Figura 9:** Días después de la siembra (dds). Momentos de aplicación de los tratamientos a base de *Lactobacillus* y fermentados de sólidos solubles: A, 12 dds; B, 24 dds; C, 34 dds; E, 44 dds; F, 54 dds y G, 64 dds. Aplicación de los tratamientos a base de fosfito de potasio, azúcares fosfatados y metalaxyl: B, 24 dds; D, 39 dds y F, 54 dds.



**Figura 10:** Dos modalidades de cosecha: cosecha de panojas marcadas (A-C), cosecha de los dos surcos centrales de cada parcela (D-G) y grano comercial de quinua Pasankalla (H). La Molina 2013.

### 6.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA ENFERMEDAD

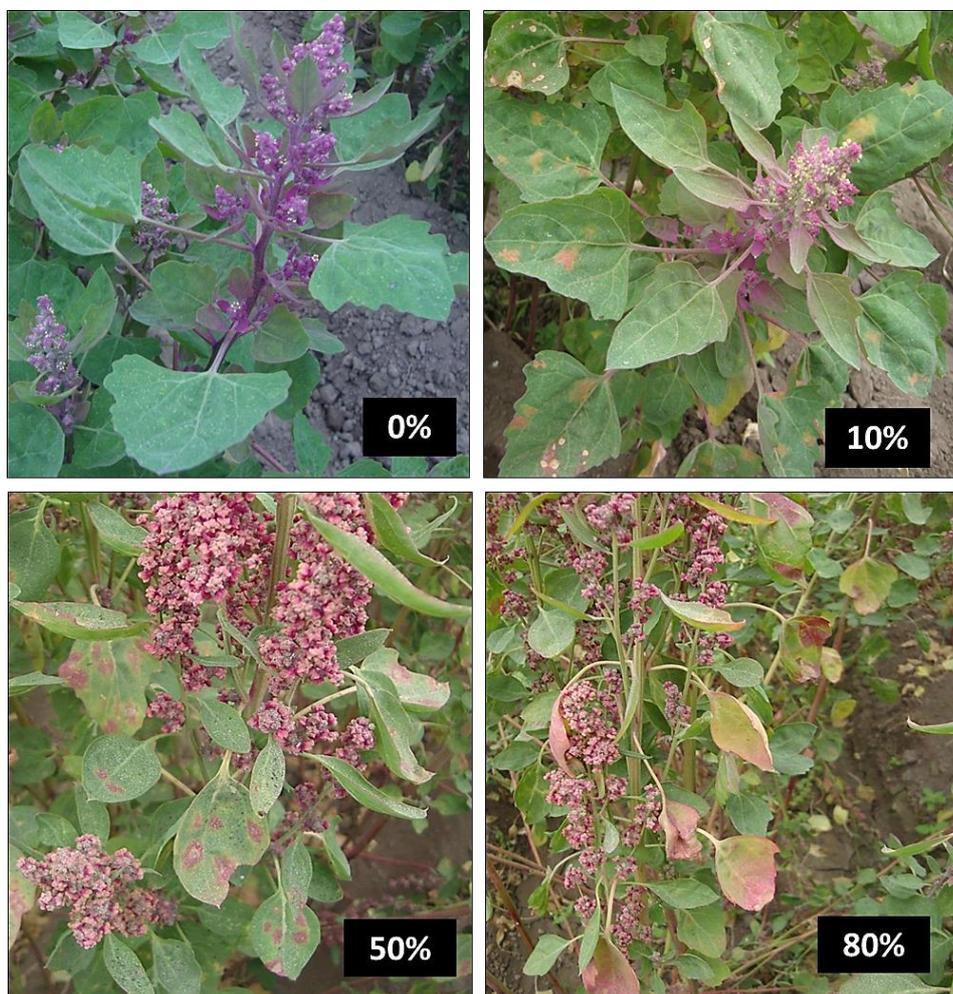
En el envés de las hojas de quinua Pasankalla se observaron signos de esporulación de color plumizo, y en el haz, áreas de forma irregular que se iniciaron con una ligera clorosis. Posteriormente, se tornaron de color rojizo, para luego necrosarse conforme se incrementó la intensidad de la enfermedad. Se observaron áreas necróticas de color beige con el contorno rojizo y halo clorótico como zonas de avance. Se observó que, cuando la severidad del mildiú en una hoja alcanza aproximadamente el 50 por ciento, esta se desprende y se ocasiona el síntoma de defoliación que se inicia en el tercio basal de las plantas (Figura 11).



**Figura 11:** Síntomas del mildiú en hojas de quinua "Pasankalla". Envés de la hoja con signos de esporulación(A), haz de la hoja con áreas irregulares de color rojizo (B-C), áreas necrosadas con bordes rojizos y halo clorótico (D), y defoliación de las hojas basales (E).

La severidad estimada por aproximación visual directa con valores enteros o discretos entre 0 y 100 por ciento se observa en la Figura 12. Donde "0 %" representa a

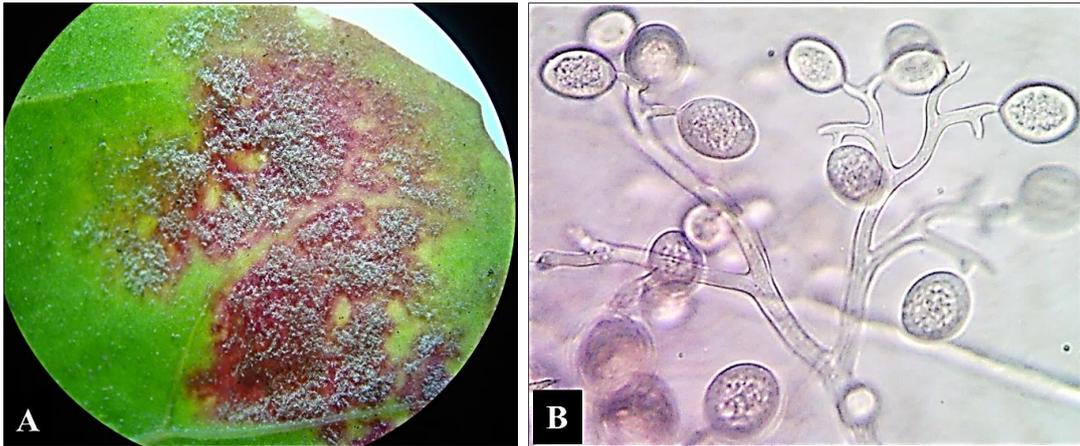
una planta sana, y los otros valores corresponden a diferentes porcentajes de severidad de una planta completa.



**Figura 12:** Diferentes severidades (%) de *P. variabilis* en el cultivo de quinua Pasankalla estimados por aproximación visual de planta completa.

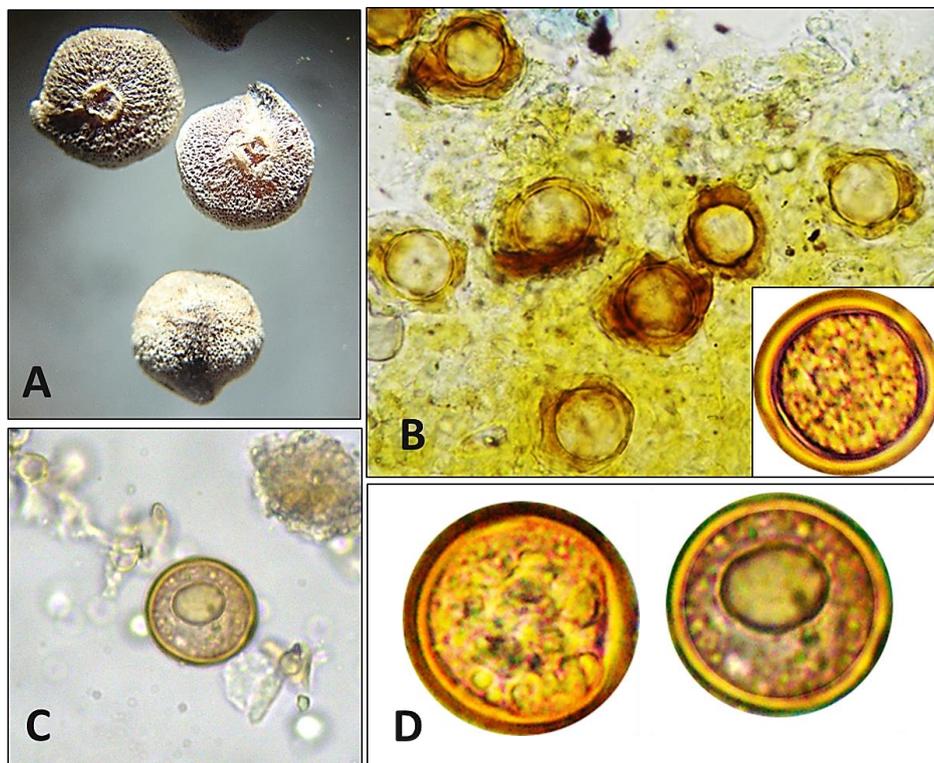
#### **6.4. FASE DE LABORATORIO**

Se identificaron las estructuras de reproducción asexual, propagativa o mitospórica de *P. variabilis* en el envés de las hojas de quinua Pasankalla, y se observó una esporulación plomiza vista al estereoscopio (aumento 100X), que corresponden a los zoosporangióforos con forma arborescente, ramificados dicotómicamente con ángulo agudo que terminan en esterigmas para dar lugar a los zoosporangios de forma oval (aumento 400X) (Figura 13).



**Figura 13:** Envés de la hoja de quinua Pasankalla con signo de esporulación plomiza (A), Zoosporangióforo y zoosporangio de *P. variabilis* (B).

Se observaron también las Oosporas, que corresponden a las estructuras de conservación o reproducción sexual. Tienen coloración anaranjada, forma esférica, con pared delgada, clara y ondulada en estado joven, y con pared gruesa, oscura y redondeada en estado maduro (Figura 14).



**Figura 14:** *P. variabilis* en quinua Pasankalla. Grano comercial (100X) (A), Oosporas sobre la hoja de quinua (hojas traídas de Ayacucho) observadas a 400X (B) y Oosporas provenientes del pericarpio de la semilla de quinua Pasankalla(C y D).

## **6.5. ANÁLISIS DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE)**

De acuerdo al análisis de variancia (Anexo 1) y a la comparación de medias Tukey (Cuadro 5 y Figura 15), con un nivel de significancia de 0,05, existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).

El tratamiento testigo absoluto sin aplicación (T) presentó el valor más alto del ABCPE con 442,43, seguido de los tratamientos Lactobacillus (E) y fermentados de sólidos solubles (A) con 355,83 y 350,47 respectivamente sin mostrar diferencia estadística. De igual manera, los tratamientos azúcar fosfatado (KO), azúcar fosfatado + Lactobacillus (KO+E), fosfito de potasio + fermentado de sólidos solubles (FP+A), azúcar fosfatado + fermentados de sólidos solubles (KO+A), fosfito de potasio + Lactobacillus (FP+E) y fosfito de potasio (FP) no mostraron diferencias estadísticas con valores de 278,82; 236,24; 229,72; 217,7; 204,27 y 199,96 respectivamente, sin diferencias estadísticas. No obstante, el testigo metalaxyl (TM) resultó en el valor más bajo del ABCPE con 175,43 estadísticamente iguales a los últimos mencionados y diferente al testigo absoluto (T). También, es importante señalar que los tratamientos KO, KO+E, PF+A, KO+A, FP+E, y FP no mostraron diferencias estadísticas con respecto al testigo. Estos resultados con diferencias nos indican que existen diferentes niveles de eficacia de los productos en el control del mildiú en quinua Pasankalla en condiciones en las que el experimento fue llevado a cabo.



De acuerdo al Cuadro 6 y Figura 16, hasta la 13<sup>ra</sup> evaluación, 54 días después de la siembra (dds) todos los tratamientos mostraron niveles bajos de intensidad del mildiú y, a partir de ese momento, todas las curvas se incrementaron. En esta fecha, momento que coincidió con la última aplicación de los productos metalaxyl, azúcar fosfatado y fosfito de potasio, el tratamiento metalaxyl presentó el porcentaje de severidad más bajo con 0,71 por ciento, seguido de fosfito de potasio con 2,29, y azúcar fosfatado con 2,9 por ciento.

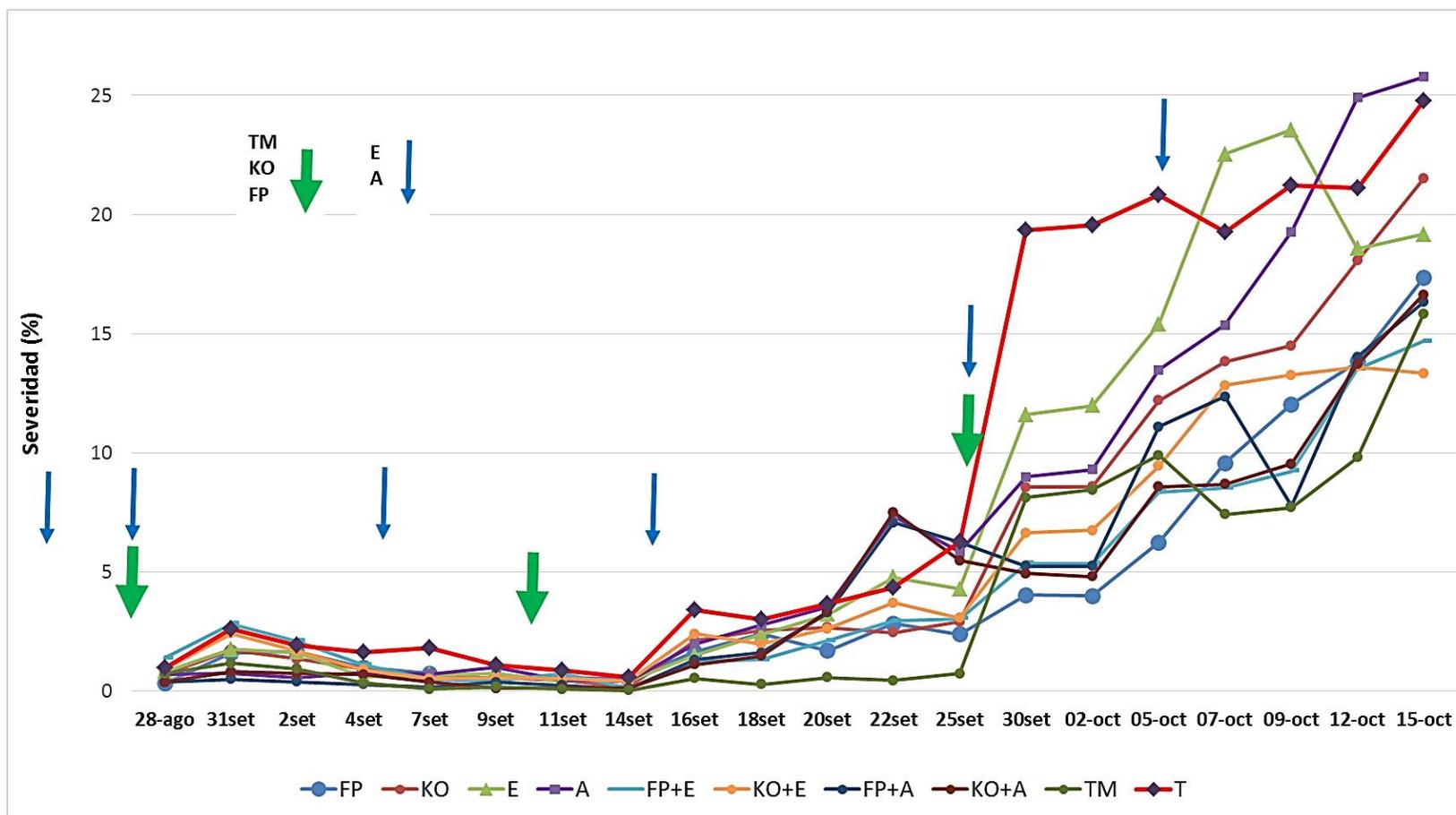
Hasta la última evaluación de severidad (74 dds, 20<sup>ma</sup> evaluación), su tendencia de incrementos fueron para el tratamiento testigo (T) y Lactobacillus. Sin embargo, en la última evaluación (15 de octubre), los tratamientos testigo (T) y fermentados de sólidos solubles (A) registraron los valores más altos con 25,77 y 24,76 por ciento, respectivamente. De igual modo, la tendencia en los niveles más bajos fue para los tratamientos metalaxyl, y fosfito de potasio. No obstante, los tratamientos azúcar fosfatado + Lactobacillus (K+E) y fosfito de potasio + Lactobacillus (FP+E) registraron los niveles más bajos en esta última evaluación con 13,3 y 14,6 por ciento, respectivamente.

**Cuadro 6:** Resumen de la respuesta en el progreso temporal de severidad de *P. variabilis* a los tratamientos durante 20 evaluaciones. La Molina 2013.

Trat.	28-ago	31set	2set	4set	7set	9set	11set	14set	16set	18set	20set	22set	25set	30set	02-oct	05-oct	07-oct	09-oct	12-oct	15-oct	ABCPE
	1era 26 dds	2da 29 dds	3era 31dds	4ta 33 dds	5ta 36 dds	6ta 38 dds	7ma 40 dds	8ava 43dds	9na 45dds	10ma 47dds	11ma 49 dds	12ma 51 dds	13ra 54 dds	14ta 59 dds	15ta 61 dds	16ta 64 dds	17ma 66 dds	18va 68 dds	19na 71 dds	20ma 74dds	
FP	0.32	1.60	1.63	0.98	0.73	0.50	0.57	0.52	1.63	2.38	1.68	2.83	2.37	4.02	3.98	6.23	9.57	12.03	13.82	17.33	199.96
KO	0.70	1.72	1.35	0.93	0.57	0.55	0.43	0.17	2.12	2.53	2.67	2.45	2.90	8.55	8.56	12.19	13.83	14.49	18.05	21.50	278.82
E	0.82	1.73	1.62	0.60	0.67	0.72	0.40	0.40	1.48	2.35	3.20	4.76	4.28	11.59	11.97	15.40	22.52	23.55	18.57	19.15	355.83
A	0.68	0.75	0.55	0.77	0.70	0.98	0.43	0.42	1.97	2.75	3.52	7.33	5.83	8.98	9.28	13.47	15.35	19.28	24.90	25.77	350.47
FP+E	1.38	2.80	2.08	1.08	0.48	0.42	0.72	0.12	1.25	1.30	2.10	2.94	3.02	5.34	5.35	8.34	8.51	9.21	13.51	14.66	204.27
KO+E	0.90	2.42	1.67	0.88	0.52	0.55	0.52	0.40	2.40	1.95	2.62	3.70	3.05	6.63	6.73	9.43	12.83	13.25	13.61	13.34	236.24
FP+A	0.37	0.48	0.38	0.27	0.15	0.37	0.23	0.08	1.30	1.60	3.28	7.07	6.23	5.24	5.23	11.08	12.35	7.75	14.02	16.31	229.79
KO+A	0.37	0.80	0.72	0.68	0.37	0.12	0.13	0.12	1.10	1.47	3.35	7.50	5.46	4.93	4.79	8.56	8.67	9.52	13.70	16.63	217.70
TM	0.73	1.17	0.93	0.33	0.07	0.17	0.07	0.02	0.53	0.27	0.57	0.43	0.72	8.11	8.44	9.89	7.40	7.69	9.79	15.81	175.43
T	0.97	2.60	1.90	1.62	1.82	1.07	0.87	0.57	3.38	3.00	3.63	4.35	6.25	19.33	19.53	20.80	19.25	21.20	21.11	24.76	442.43

**FP** : Fosfito de potasio (Kalex)  
**KO** : Azúcar fosfatado (Kolapzer)  
**E** : Lactobacillus (Ecovida)  
**A** : Fermentados de sólidos solubles (AGRO MOS)  
**TM** : Testigo Metalaxyl (Fitoklin)

**FP+E** : Fosfito de potasio + Lactobacillus  
**KO+E** : Azúcar fosfatado + Lactobacillus  
**FP+A** : Fosfito de potasio + Fermentados de sólidos solubles  
**KO+A** : Azúcar fosfatado + Fermentados de sólidos solubles  
**T** : Testigo absoluto (sin aplicación)



**Figura 16:** Curvas del progreso de las diferentes epidemias, como respuesta a los tratamientos para el control de *P. variabilis*. La Molina 2013.

- |   |  |
|---|--|
| <b>FP</b> : Fosfito de potasio (Kalex)                | <b>FP+E</b> : Fosfito de potasio + Lactobacillus                   |
| <b>KO</b> : Azúcar fosfatado (Kolapzer)               | <b>KO+E</b> : Azúcar fosfatado + Lactobacillus                     |
| <b>E</b> : Lactobacillus (Ecovida)                    | <b>FP+A</b> : Fosfito de potasio + Fermentados de sólidos solubles |
| <b>A</b> : Fermentados de sólidos solubles (AGRO MOS) | <b>KO+A</b> : Azúcar fosfatado + Fermentados de sólidos solubles   |
| <b>TM</b> : Testigo Metalaxyl (Fitoklin)              | <b>T</b> : Testigo absoluto (sin aplicación)                       |

## 6.6. COMPARACIÓN DE LA TASA A TRAVÉS DEL VALOR RHO

En el Cuadro 7 se observa el promedio de las tasas del progreso del mildiú ( $r$ ) expresado en porcentajes por cada dos días (frecuencia de evaluación), y en el Anexo 2 el análisis de variancia nos indica que hubo diferencia estadística entre los tratamientos para la tasa relativa de incremento del mildiú ( $\rho$ ).

Las tasas del progreso de la enfermedad ( $r$ ) de los tratamientos (epidemias) no pudieron ser comparadas directamente, ya que cada tratamiento se ajustó a diferentes modelos epidemiológicos (Anexo 14). Por ello, se estandarizaron con la tasa relativa de incremento de la enfermedad ( $\rho$ ), y los valores obtenidos fueron sometidos a una prueba Tukey (Cuadro 8 y Figura 17) con un nivel de significancia de 0,05. El tratamiento fermentados solubles (A) mostró el valor  $\rho$  más alto con 0,00086 ( $r = 0,027$ ) (Cuadro 7), e indicó que es la epidemia con mayor tasa en comparación al resto de los tratamientos. En contraste, el tratamiento fosfito de potasio + Lactobacillus (FP+E) resultó con el  $\rho$  más bajo de 0,00050 ( $r = 0,015$ ), seguido de los tratamientos fosfito de potasio (FP) y metalaxyl (TM) con el valor  $\rho$  igual a 0,00056 ( $r = 0,017$ ). Esto evidenció que son los tratamientos que tuvieron mayor influencia en la reducción de la tasa de desarrollo del mildiú en quinua Pasankalla para las condiciones de la investigación.

**Cuadro 7:** Promedio de la tasa del progreso de la enfermedad ( $r$ ), valor estándar de la tasa  $s(r^*)$  y la tasa relativa de incremento de la enfermedad ( $\rho$ ) de los tratamientos para el control de *P. variabilis*. en quinua Pasankalla con  $\alpha = 0,05$ . La Molina 2013.

Trat.	r	s(r*)	rho
FP	0.018	0.002	0.0006
KO	0.023	0.002	0.0007
E	0.027	0.003	0.0008
A	0.027	0.002	0.0009
FP+E	0.016	0.002	0.0005
KO+E	0.018	0.002	0.0006
FP+A	0.020	0.002	0.0006
KO+A	0.019	0.002	0.0006
TM	0.018	0.003	0.0006
T	0.019	0.002	0.0006



## 6.7. CUANTIFICACIÓN DE OOSPORAS

El análisis de variancia (Anexo 3) y la comparación de medias Tukey (Cuadro 9), con un nivel de significación de 0,05, indican que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos para el número de oosporas por kilogramo de semilla con aplicación de productos para el control de mildiú en quinua Pasankalla en condiciones de La Molina.

El número de oosporas sobre el pericarpio de semilla de quinua Pasankalla que se calculó en un kg de semilla (Osp./kg) varió de acuerdo a los tratamientos (Cuadro 9 y Figura 18). El testigo absoluto (T), azúcar fosfatado + fermentados de sólidos solubles (KO+A) y azúcar fosfatado (KO) mostraron los valores más altos con 17500, 16000 y 14500 Oosp./kg, respectivamente. Estos fueron estadísticamente iguales y diferentes a los tratamientos FP+E, KO+E, FP, E, FP+A y TM y, a su vez, estos últimos no mostraron diferencias estadísticas. Sin embargo, sí se mostraron distintos a KO+A y T. No obstante, los valores más bajos fueron observados en los tratamientos fosfito de potasio + fermentados de sólidos solubles (FP+A) y metalaxyl (TM) con 3500 Oosp./kg en ambos casos.

**Cuadro 9:** Comparación de medias del N° oosporas/kg en semilla de quinua Pasankalla mediante la prueba Tukey con  $\alpha = 0,05$  como efecto de los tratamientos en el control de *P. variabilis*. La Molina 2013.

Tratamiento	Oospora/kg de semilla	
T	17500	A
KO+A	16000	A
KO	14500	AB
A	8500	BC
FP+E	6500	CD
KO+E	6500	CD
FP	6167	CD
E	5000	CD
FP+A	3500	D
TM	3500	D





## 6.9. PESO DE 1000 GRANOS

El análisis de variancia (Anexo 5) y la comparación de medias Tukey (Cuadro 11), con un nivel de significancia de 0,05, indican que los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas en el peso (g) de 1000 granos de semilla.

El Cuadro 11 y Figura 20 indican que los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla no tuvieron ningún efecto en el peso de mil granos.

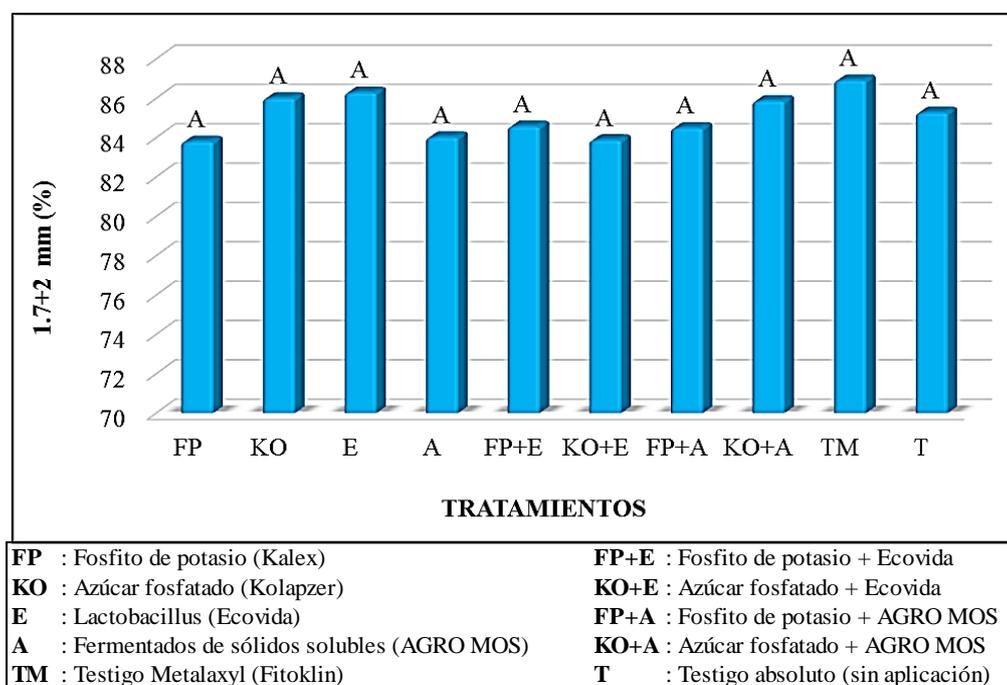
**Cuadro 11:** Comparación de medias del peso de mil granos (g) de quinua Pasankalla, mediante la prueba Tukey, con  $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de *P. variabilis*. La Molina 2013.

Tratamientos		1000 granos (g)	
Azúcar fosfatado	KO	4.45	A
Testigo absolutos	T	4.42	A
Fermentados de Sólidos solubles	A	4.35	A
Fosfito de potasio+Lactobacillus	FP+E	4.34	A
Lactobacillus	E	4.33	A
Fosfito de potasio	FP	4.30	A
Testigo Metalaxyl	TM	4.30	A
Azúcar fosfatado+Lactobacillus	KO+E	4.23	A
Fosfito de potasio+Fermentado de sólidos soluble:	FP+A	4.19	A
Azúcar+Fermentados de sólidos solubles	KO+A	4.19	A



**Cuadro 12:** Comparación de medias del porcentaje de granos con 1,4; 1,7 y 2 mm de diámetro de quinua Pasankalla, mediante la prueba Tukey, con  $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de *P. variabilis*. La Molina 2013.

Tratamiento		1.7 mm + 2 mm (%)		1.4 mm (%)	
Testigo Metalaxyl	TM	86.91	A	12.1	A
Lactobacillus	E	86.29	A	11.8	A
Azúcar fosfatado	KO	86.00	A	13.1	A
Azúcar+Fermentados de sólidos solubles	KO+A	85.86	A	13.7	A
Testigo absolutos	T	85.27	A	13.8	A
Fosfito de potasio+Lactobacillus	FP+E	84.57	A	14.1	A
Fosfito de potasio+Fermentado de sólidos soluble:	FP+A	84.49	A	14.3	A
Fermentados de Sólidos solubles	A	84.02	A	15.5	A
Azúcar fosfatado+Lactobacillus	KO+E	83.87	A	14.6	A
Fosfito de potasio	FP	83.80	A	9.8	A



**Figura 21:** Comparación de medias del porcentaje de granos con 1,7 y 2 mm de diámetro de quinua Pasankalla, con  $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de *P. variabilis*. La Molina 2013.

## **6.11. RENDIMIENTO**

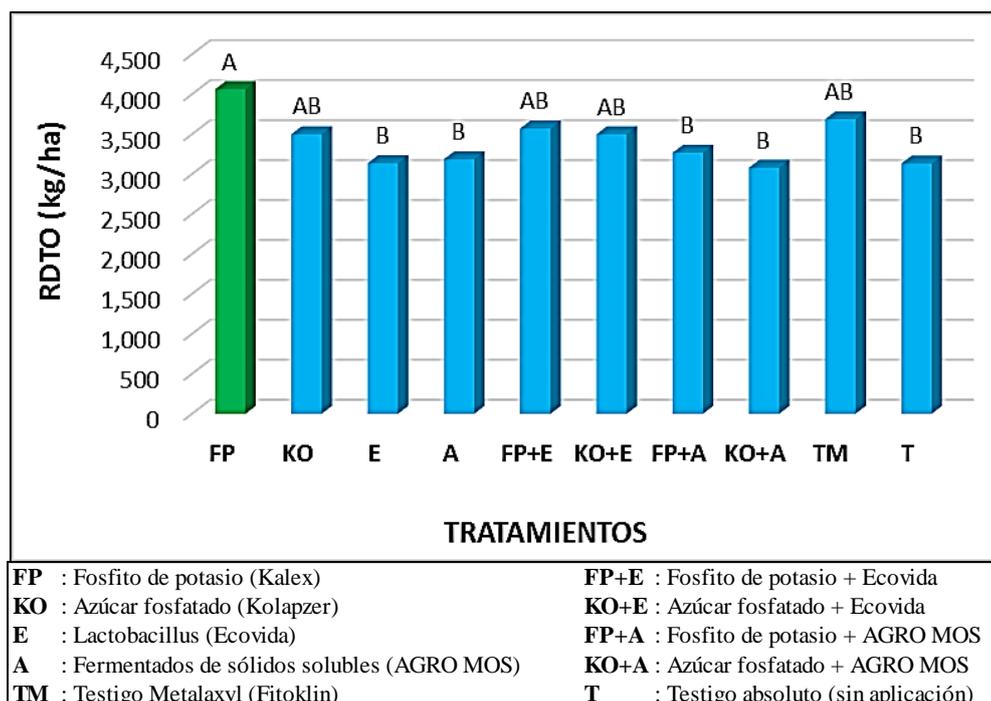
### **6.11.1. PANOJAS MARCADAS**

El análisis de variancia (Anexo 7), la prueba Tukey, con un nivel de significancia de 0,05 y 0,01, y la prueba Duncan, con un nivel de significancia de 0,01 (Cuadro 13), demuestran que los tratamientos para el control del mildiú de quinua Pasankalla tuvieron diferencias altamente significativas en el rendimiento calculado con el peso de los granos de las panojas marcadas.

Según la prueba Tukey el tratamiento FP mostró el mayor rendimiento con 4059,70 kg/ha, seguido de los tratamientos Metalaxyl (TM), fosfito de potasio + Lactobacillus (FP+E), azúcar fosfatado (KO) y azúcar fosfatado + Lactobacillus (KO+E) con 3686,4; 3568,8; 3498,7 y 3496,6 kg/ha, y no presentaron diferencias estadísticas. Los tratamientos con fosfito de potasio + fermentados de sólidos solubles (FP+A), fermentados de sólidos solubles (A), Lactobacillus (E), testigo absoluto (T) y azúcares fosfatados + fermentados de sólidos solubles (KO+A) fueron los que mostraron menor rendimientos con 3266,2; 3184,7; 3184,7; 3131,6 y 3077,9, respectivamente. Estos fueron estadísticamente diferentes al fosfito de potasio. De acuerdo a la prueba Duncan, los tratamientos con fosfito de potasio (4059,7 kg/ha) y metalaxyl (3686,4 kg/ha) son superiores a todo los tratamientos, e iguales estadísticamente a FP+E, KO y KO+E. Sin embargo, estos fueron diferentes al tratamiento azúcar fosfatado + fermentados de solidos solubles (KO+A), que tuvo el menor rendimiento con 3077 kg/ha (Cuadro 13 y Figura 22).

**Cuadro 13:** Comparación de medias del rendimiento (kg/ha) de las panojas marcadas, mediante la prueba Tukey ( $\alpha = 0,05$  y  $0,01$ ) y Duncan ( $\alpha = 0,01$ ) como efecto de los tratamientos en el control de *P. variabilis*. La Molina 2013.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	
		(Tukey) (Duncan)
FP	4059.700	A A
TM	3686.400	AB AB
FP+E	3568.8	AB ABC
KO	3498.7	AB ABC
KO+E	3496.6	AB ABC
FP+A	3266.2	B BC
A	3184.7	B BC
E	3184.7	B BC
T	3131.6	B BC
KO+A	3077.9	B C



**Figura 22:** Comparación de medias del rendimiento (kg/ha) de panojas marcadas en quinua Pasankalla, con  $\alpha = 0,05$  y  $0,01$ , como efecto de los tratamientos en el control de *P.varibilis*. La Molina 2013.

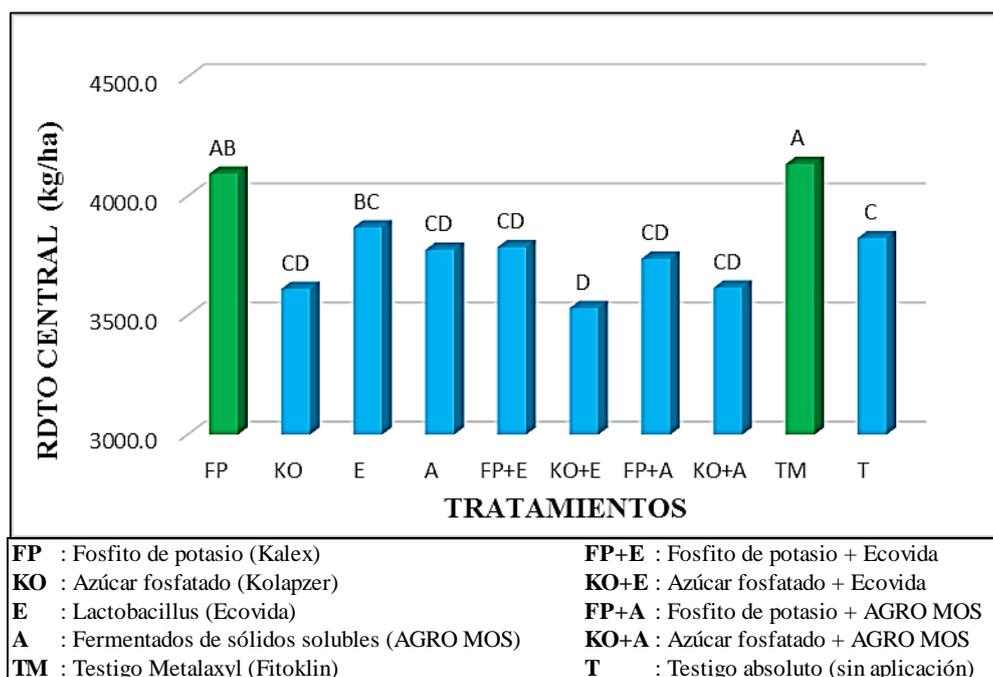
### 6.11.2. SURCOS CENTRALES

El análisis de variancia (Anexo 8) y la comparación de medias Tukey (Cuadro 14), con un nivel de significación de 0,05, indican que los tratamientos para el control del mildiú en quinua Pasankalla mostraron diferencias altamente significativas en el rendimiento (kg/ha) calculado con la cosecha de los dos surcos centrales.

Los rendimientos de los tratamientos calculados con la cosecha de los dos surcos centrales de cada parcelas fueron similares a los obtenidos a través de panojas marcadas en los tratamientos Metalaxyl (TM) y Fosfito de potasio (FP), que mostraron los valores más altos (Cuadro 14 y Figura 23) con 4135,5 y 4094,2 kg/ha, respectivamente. Los demás tratamientos no tuvieron el mismo comportamiento, ya que E (3869,43 kg/ha), T (3825,26 kg/ha), FP+E (3786,77 kg/ha), A (3775,31 kg/ha), FP+A (3738,28 kg/ha), KO+A (3616,77 kg/ha) y KO (3611,15 kg/ha) fueron iguales estadísticamente. En este análisis resalta el tratamiento KO+E, que fue inferior a todos con 3530,52 kg/ha.

**Cuadro 14:** Comparación de media del rendimiento (kg/ha) de los surcos centrales de cada parcela, mediante la prueba Tukey, con  $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla. La Molina 2013.

Tratamiento	Rdto. centrales (kg/ha)	
TM	4135.520	A
FP	4094.270	AB
E	3869.43	BC
T	3825.26	C
FP+E	3786.77	CD
A	3775.31	CD
FP+A	3738.28	CD
KO+A	3616.77	CD
KO	3611.15	CD
KO+E	3530.52	D



**Figura 23:** Comparación de la media del rendimiento (kg/ha) de los dos surcos centrales, con  $\alpha = 0,05$ , como efecto de los tratamientos en el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla. La Molina 2013.

## 6.12. ANÁLISIS ECONÓMICO

En el Cuadro 15 observamos el análisis económico de la producción de una hectárea de quinua Pasankalla con aplicación de productos para la protección contra el mildiu en condiciones de La Molina 2013.

En el cuadro 15 observamos que todo los tratamientos generaron utilidades entre S/. 22911,08 (KO+A) y S/. 33764,7 (FP). El incremento se aprecia en porcentajes sobre el testigo (100 por ciento) donde el tratamiento fosfito de potasio (FP) generó 36,68 por ciento más sobre las ganancias del testigo absoluto, seguido de los tratamientos metalaxyl (TM) con 21,08 por ciento y fosfito de potasio + Lactobacillus (FP+E) con 15,31 por ciento. No obstante, los tratamientos Lactobacillus (E), azúcar fosfatado + fermentados de sólidos solubles (KO+A) no registraron incrementos sobre las ganancias del testigo absoluto.

**Cuadro 15:** Análisis económico de la producción de una hectárea de quinua Pasankalla, con diferentes tratamientos para el control del mildiú en condiciones de La Molina 2013.

Tratamientos		Costo del producto (S./)ha	Aplicación (S./)	Costo total * (S./)ha	Rendimiento (kg/ha)	Ingreso** (S./)	Utilidad por ha (S./)	incremento de utilidad (%)
Fosfito de potasio (Kalex)	FP	130	90	6,832.67	4059.69	40,596.88	33,764.20	136.68
Azúcar fosfatado (Kolapzer)	KO	460	90	7,162.67	3498.69	34,986.88	27,824.20	112.64
Lactobacillus (Ecovida)	E	250	180	7,042.67	3133.63	31,336.25	24,293.58	98.34
Fermentados de sólidos solubles (AGRO MOS)	A	525	180	7,317.67	3184.73	31,847.29	24,529.62	99.30
Fosfito de potasio + Lactobacillus	FP+E	380	210	7,202.67	3568.81	35,688.13	28,485.45	115.31
Azúcar fosfatado + Lactobacillus	KO+E	710	210	7,532.67	3496.63	34,966.25	27,433.58	111.05
Fosfito de potasio + Fermentados de sólidos solubles	FP+A	655	210	7,477.67	3266.24	32,662.40	25,184.73	101.95
Azúcar fosfatado + Fermentados de sólidos solubles	KO+A	985	210	7,807.67	3077.94	30,779.38	22,971.70	92.99
Testigo Metalaxyl	TM	250	90	6,952.67	3686.38	36,863.75	29,911.08	121.08
Testigo absoluto (sin aplicación)	T	0	0	6,612.67	3131.56	31,315.63	24,702.95	100.00

\* Costo subtotal (S/. 6,612.67) + Costo del producto (S./) + Costo de mano de obra por aplicación (S/. 30 / jornal)

\*\* Precio de venta en campo (S/. 10,00) x Rendimiento (kg/ha)

## VII. DISCUSIÓN

El mildiú ocasionado por *Peronospora variabilis* requiere humedad relativa mayor a 80 por ciento y temperaturas entre 15 y 25 °C para producir la enfermedad (Alandia *et al.* 1979 y Danielsen 2000). Las condiciones meteorológicas en las que se condujo el presente trabajo de investigación fueron óptimas. Así tenemos que entre el periodo de evaluación de severidad del mildiú del 28 de agosto al 15 de octubre de 2013, las temperaturas oscilaron entre 14 y 17,62 °C, mientras que la humedad relativa varió entre 83,3 y 94,25 por ciento. Por este motivo, se presenciaron infecciones del mildiú y se evidenciaron síntomas que consisten en áreas cloróticas, rojizas, necróticas y defoliación en intensidades avanzadas. También, se observaron estructuras propagativas correspondientes a los zoosporangioforos y zoosporangios. Finalmente, se pudieron apreciar las oosporas sobre el pericarpio de las semillas que corresponden a las estructuras de conservación (forma esférica, con pared delgada en estado inmaduro y gruesa a la madurez, con color anaranjado intenso en ambos casos).

Los tratamientos Lactobacillus (E), fermentados de sólidos solubles (A) y azúcar fosfatado (KO) tuvieron los valores más altos en el ABCPE y estadísticamente iguales al testigo absoluto sin aplicación. Se apreció que no hubo control sobre el mildiú de la quinua con estos productos. Entre tanto, los tratamientos con fosfito de potasio (FP) y metalaxyl (TM) mostraron los valores más bajos del ABCPE y, de este modo, coincidieron con el reporte de Méndez (2010) para el control de mildiú de melón causado por *Pseudoperonospora cubensis* con aplicación de inductores de resistencia. En este se muestra que el fosfito fue significativo en el ABCPE con respecto a los otros inductores como el Menadiona Bisulfito Sodio y Acibenzolar-S-metil que fueron similares al testigo. Con el presente trabajo es posible reafirmar la eficacia de los fosfitos en el control de los peronosporales. En relación al metalaxyl, Gabriel *et al.* (2013), evaluaron diferentes variedades de quinua y dos tratamientos para el control del mildiú. El primero fue Bioinsumo, que es un producto biológico empleado como activador de la resistencia natural de la planta, y el segundo fue metalaxyl en combinación con cimoxanil. En ambos

casos, tanto el metalaxyl más cimoxanil, como los productos biológicos generaron control del mildiu en comparación al testigo absoluto, que no mostró efecto. El tratamiento con metalaxyl obtuvo los valores más bajos del ABCPE. Así mismo, fue superior en el peso de 100 granos y rendimiento (kg/ha). Por lo tanto, con esta investigación, se corrobora el efecto de los tratamientos en la eficacia para el control del mildiú en quinua Pasankalla, tanto con los productos sintéticos como con los bioestimulantes, donde metalaxyl (TM) mostró el ABCPE más bajo y el testigo sin aplicación (T) presentó la cifra más alta.

Se mencionó que las condiciones para el desarrollo de la enfermedad fueron óptimas desde el inicio hasta el final de las evaluaciones de severidad. Sin embargo, se observó que a partir del 25 de septiembre (13<sup>ra</sup> evaluación), a los 54 días después de la siembra, las curvas del progreso de la enfermedad de todo los tratamientos se incrementaron a una mayor tasa de desarrollo. León (2003) indica que entre los 55 y 60 días de la siembra ocurre la fase de “panojamiento” en quinua. En esta etapa se produce la emergencia del ápice de la planta, así como también la aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo la panoja en sus tres cuartas partes. En este punto también ocurre el amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se producen una fuerte elongación del tallo y engrosamiento. Ante la consideración de que la quinua Pasankalla presenta un nivel de resistencia (INIA 2006) o tolerancia a *P. variabilis*. (Canahua *et al.* 2011), se asume que las plantas generaron sus propias defensas codificadas probablemente por genes menores. Es decir, en esta etapa de formación de panojas, toda la energía que la planta produce para sus defensas contra patógenos la orienta a producir flores y granos, y se vuelve, entonces, susceptible al mildiú. Por esta razón, se observaron incrementos en la intensidad de la enfermedad, indistintamente si la planta recibió o no las aplicaciones. Posteriormente, alrededor de dos semanas después de este periodo, las curvas del progreso de la enfermedad redujeron su tasa de desarrollo. Del mismo modo, Kumar et al. (2006), en su primer reporte de mildiú de la quinua en la India, observó que el pico más alto de la severidad (ABCPE) se dio a los 65 días y, posteriormente, decreció.

El mildiú al ser una enfermedad policíclica es influenciado por factores ambientales, resistencia del cultivo y las aplicaciones de productos para su control. Esta enfermedad influye varias veces sobre la dispersión, penetración, multiplicación, tamaño de las

lesiones, velocidad de formación, tasa y cantidad de esporulación en una misma estación de crecimiento (Agrios 1995). La tasa del progreso de la enfermedad ( $r$ ) es otro parámetro para medir el efecto de las aplicaciones de productos para el control y para compararlos estadísticamente entre tratamientos. Cuando los tratamientos tiene diferente modelos de ajuste o diferentes modelos epidemiológicos (Monomolecular, Exponencial, Logístico y Gómpertz), la  $r$  se estandariza a la tasa relativa del incremento de la enfermedad ( $\rho$ ) para hacer comparación indirecta de la  $r$  a través del  $\rho$  (Madden 1986). Por lo tanto, en esta investigación se desarrollaron aplicaciones para el control del mildiú, logrando reducir la  $r$  con los tratamientos fosfito de potasio + Lactobacillus, fosfito de potasio y metalaxyl, a su vez, se encontró en los mismos tratamientos los valores más bajos del ABCPE observándose una relación directa entre los valores del  $\rho$  y el ABCPE. De este modo, se demuestra la eficacia de los tratamientos mencionados en la reducción de la intensidad de la enfermedad expresado en el ABCPE y la tasa ( $r$ ).

En la investigación realizada por Mercado (2001), encontró infecciones del perigonio y del pericarpio de quinua con oosporas en granos provenientes de diferentes regiones del Perú, demostrando que existe transmisión de *P.variabilis* a través de semilla. Del mismo modo, Testen (s.f.), a través de pruebas moleculares también encontró oosporas de *P. variabilis* en lotes comerciales de quinua de diferentes países, entre ellos Perú. En este experimento se analizó el pericarpio de semillas de quinua Pasankalla y se contabilizó la cantidad de oosporas presentes sobre la superficie, para determinar el efecto de los tratamientos en la reducción del número de oosporas por kilogramo de semilla. Después de la cuantificación se observó que algunos tratamientos tuvieron un efecto en la reducción, donde, el metalaxyl, y el fosfito de potasio + azúcar fosfatado mostraron los valores más bajos; entre tanto, el testigo absoluto, azúcar fosfatado + fermentados de sólidos solubles tuvieron los valores más altos. Cabe señalar que los tratamientos con menor ABCPE y tasa relativa ( $\rho$ ), son los que mostraron los valores más bajos de oospora. La menor tasa de desarrollo de la enfermedad y el menor valor del ABCPE puede significar menos cantidad de estructuras del patógeno para formar oosporas.

Según Repo (2013), el contenido de proteína en granos de quinua varía entre 11 y 21 por ciento, pudiendo variar dependiendo de la variedad, época de siembra y suelo. En un trabajo de investigación en 27 líneas de quinua, Bhargava (2006), reporta que el

porcentaje de proteína oscila entre 12,55 y 21,02 por ciento y Koziol (1992), indica que pueden estar entre 14 y 16 por ciento. En este trabajo, el contenido de proteína en granos varió entre 11,15 y 11,54 por ciento sin diferencias estadísticas entre los productos aplicados para el control de mildiú. De acuerdo al análisis de suelo el campo experimental tuvo niveles medios de materia orgánica, fósforo y potasio, razón por la cual se fertilizó con 100 – 80 – 20 de N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O y dosis de 3,0 t/ha de materia orgánica a todo los tratamientos incluyendo al testigo absoluto. Se puede inferir que los niveles de fertilización, las labores de campo oportunas y el nivel de resistencia o tolerancia de la quinua Pasankalla, influenciaron en el contenido de proteína observándose igualdad en la calidad de grano tanto en proteína, granulometría y peso de 100 granos.

El grano de quinua por su diámetro, se clasifica en cuatro categorías: tamaño ‘extragrande’ (mayores a 2,20 mm), ‘grande’ (1,75 a 2,20 mm), ‘mediano’ (1,35 a 1,75 mm) y ‘pequeño’ (menores a 1,35 mm) (IBNORCA 2007). Sin embargo, en el último congreso científico internacional de quinua, llevado a cabo en Lima en el 2013 se presentó las normas técnicas para quinua y su contribución al comercio, donde clasifican el tamaño de grano en función al diámetro expresado en porcentajes, considerado como grano grande cuando más del 85 por ciento de un lote tengan granos con calibres de 1,7 y 2,0 mm. En este trabajo se observó granos de tamaño grande en un 83,8 y 86,9 por ciento para todos los tratamientos sin observar diferencias estadísticas. De acuerdo a los resultados, se observó que las aplicaciones de los productos para el control del mildiú no alteraron el calibre del grano. Esto puede ser explicado por el manejo adecuado del cultivo que consistió en labores culturales oportunas y el abonamiento uniforme para todos los tratamientos incluyendo al testigo absoluto.

Los productos con fosfito de potasio promueven que las plantas generaren sus propias defensas naturales y controlen de manera muy efectiva al mildiú y otros patógenos como *Phoma*, que permite el logro de altos rendimientos en el cultivo de quinua (Pozo 2014). El producto Kalex es un fertilizante especial a base de fosfito de potasio, cuya actividad está ligada a la actividad del ion (PO<sub>3</sub><sup>-</sup>) que por su elevada sistemicidad y desarrollo de ácido fosforoso induce a la planta a la producción de fitoalexinas predisponiendo a la planta a auto defenderse contra enfermedades. Este producto ayuda a la eficacia nutritiva del fosforo y del potasio (Química Suiza 2013). El rol del potasio en la

resistencia a enfermedades fue ampliamente reportado, hay una relación inversa entre los niveles de potasio disponible en el suelo y la severidad de enfermedades (Huber y Arny 1985). En trabajos con aplicaciones de potasio mostraron supresión de enfermedades foliares (Harris 1997) y fertilizantes de potasio aplicados foliarmente fueron altamente efectivos inductores de protección sistémica contra el oídio, considerado biótrofo (Reuveni *et al.* 1995) al igual que el mildiú. Además, el potasio está involucrado en numerosas funciones fisiológicas relacionadas a la tolerancia al estrés biótico y abiótico (Oosterhuis 2014). En forma general, la nutrición mineral deficitaria interviene en la susceptibilidad de las plantas a enfermedades. Tanto macro y micro elementos son esenciales en varios mecanismos como, la activación de enzimas que produce metabolitos de defensa así como ligninas y fitoalexinas (Elmer 2014). En esta investigación el tratamiento con fosfito de potasio tiene las características de fertilizante foliar con contenidos de fósforo y potasio los cuales influyeron en la activación de resistencia contra el mildiú.

El Metalaxyl perteneciente al grupo de las Fenilamidas inhibe la síntesis de ácidos nucleicos, tiene buen control sobre Oomycetes, sin embargo, tiene un alto riesgo de resistencia cruzada con frecuentes aplicaciones (FRAC 2010). Aislamientos de *Phytophthora* resistentes a Fenilamida gradualmente vienen siendo una parte importante de poblaciones en muchos países; sin embargo, mezclas que contienen fenilamidas siguen siendo una estrategia efectiva para su control, y los continuos cambios en poblaciones requieren una cuidadosa adaptación de los programas de control de la enfermedad con éxito (Gisi 1996). Saharan (1992), Verman *et al.* (1994), Mostraron buena eficacia en el control del mildiú en diferentes cultivos, empleando fungicidas, entre ellos el metalaxyl, así mismo Saharan *et al.* (1997), con tres aplicaciones foliares de metalaxyl y mancozeb en el cultivo de mostaza a intervalos de 20 días, lograron controlar hasta 82 por ciento el mildiú a los 40 días después de la siembra, incrementando el rendimiento en 49 por ciento. Al ser el metalaxyl un producto de amplio uso en el Perú en las zonas de siembra de papa y quinua, el riesgo por su excesivo uso es alto, tanto en generar nuevas variantes del mildiú y como contaminante ambiental. Xiaojun (2013), reporta altos niveles de resistencia a metalaxyl en poblaciones de mildiú del melón causado por *Pseudoperonospora cubensis* en la provincia de Shanxi in China, y Couso (2013), en Galicia España en áreas de siembra de papa donde el suelo se maneja en forma intensiva

por más de 50 años, encontró residuos de metalaxyl en aguas superficiales de drenaje en épocas de poca lluvias. Los reportes nos indican que el metalaxyl es una buena alternativa para el control de Oomycetes pero su uso excesivo puede generar pérdida de eficacia debido a las nuevas poblaciones de patógenos promoviendo numerosas aplicaciones a periodos cortos. Por ello, se busca más alternativas para el manejo del mildiú con estrategias, empleando metalaxyl, fosfitos y bioestimulantes.

En relación a los fermentados de sólidos solubles (Agro Mos), el cual es rico en nutrientes y aminoácidos que ayuda en los procesos fisiológicos, y en la resistencia de la planta (*Neogrum s.f.*). Su contenido de cobre al 3,2 por ciento fue el motivo por el cual se le consideró como posible alternativa frente a oomycetos, sin embargo, se observó que las aplicaciones tempranas (12 dds con hojas cotiledonales) ocasionó “quemaduras” de hojas observándose puntos necróticos, como consecuencia, el lento desarrollo de las plantas (plantas con menos altura), síntomas evidentes con una tasa desarrollo ( $r$ ) superior al testigo absoluto.

El producto Kolapzer a base de azúcares fosfatados es considerado bioestimulante y antagonista que destruye la membrana, por ende la célula del patógeno (TQC 2013), no generó efecto en el control de *P. variabilis*, esto puede ser debido a que el mildiú es un enfermedad policíclica que se desarrolló a una alta tasa con más del dos por ciento en un periodo de dos días y al parecer el efecto disruptor del producto fue un proceso más lento en comparación al efecto de la alta  $r$ .

El tratamiento *Lactobacillus* está compuesto de muchos microorganismos principalmente bacterias lácticas, rico en ácido orgánico, ácido láctico, macro y micro elementos que promueven la fermentación de materia orgánica y solubiliza sales favoreciendo la disponibilidad de nutrientes del suelo (*EcoCampo s.f.*). Evidentemente este producto está diseñado para su aplicación al suelo con el fin de favorecer a la descomposición de materia orgánica, para favorecer a los microorganismos benéficos y también en la disponibilidad de nutriente. Así mismo, las cantidades de micro y macro elementos que pudieron generar beneficio a la planta como la inducción de defensas no tuvieron efecto en el control del mildiú debido a su aplicación sobre las hojas.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Se evidenció infecciones de *P. variabilis* aproximadamente 20 días después de la siembra (dds). Desde los 77 dds la severidad de la enfermedad superó el 20 por ciento.
2. Las diferencias estadísticas entre los tratamientos con productos de acción fungicida aplicados foliarmente, demostraron que hubo control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla para condiciones de La Molina de 2013.
3. El testigo absoluto (T) mostró el valor más alto del ABCPE, entre tanto, los valores más bajos fueron obtenidos en los tratamiento metalaxyl 35 % y fosfito de potasio 70 % (FP).
4. La tasa relativa de la enfermedad (*rho*) confirmó el efecto de los tratamientos en el control de la enfermedad, donde fosfito de potasio + Lactobacillus, fosfito de potasio 70% y metalaxyl 35% revelaron la tasa (*r*) más baja.
5. El número de oosporas sobre el pericarpio se redujo con la aplicación de los tratamientos metalaxyl 35 %, fosfito de potasio 70 + fermentados de sólidos solubles, Lactobacillus y fosfito de potasio 70 % que mostraron los valores más bajos y el testigo absoluto superó al resto de los tratamientos.
6. Los tratamientos con fosfito de potasio 70 %, metalaxyl 35 % y fosfito de potasio + Lactobacillus son los que lograron mejores rendimientos.
7. El tratamiento con fosfito de potasio generó más utilidades (36,6 por ciento) con respecto al testigo absoluto seguido de metalaxyl (21, por ciento).

## **IX. RECOMENDACIONES**

1. Repetir el experimento con variedades más susceptibles como el INIA Salcedo.
2. Realizar pruebas considerando el número de Oosporas por kilogramo de semilla para conocer el inóculo inicial a través de semilla botánica.
3. Correlacionar la intensidad de la enfermedad (incidencia y severidad) con el rendimiento, calidad y otros parámetros.
4. Emplear estrategias de manejo para el control de mildiú en quinua, empleando productos a base de fosfito de potasio en combinación con metalaxyl.
5. Instalar los experimentos en épocas favorables para el desarrollo del mildiú para lograr mejores resultados de control.

## X. REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Agrios, George N. 1995. Fitopatología Segunda edición. Departamento de fitopatología de la Universidad de Massachusetts. p. 171.
2. Alandia, S. 1979. Enfermedades. Páginas 137-144 en Quinoa y kañihua. Cultivos Andinos. Tapia et al (ed.). IICA, Bogotá, Colombia.
3. Bazán De Segura, C. 1973. Relación de enfermedades y microorganismos patógenos, aislados de plantas cultivadas, forestales y ornamentales en el Perú. Manual N°. 40. Ministerio de Agricultura. 68p.
4. Bazán de Segura, C.1965. Enfermedades de cultivos tropicales y subtropicales- Perú. Ministerio de agricultura del Perú. p.133-134.
5. Bhargava, A., Shukla, S. y 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.
6. Bonifacio, A. 2001. Resistencia de quinua al mildiú. In: Cultivos Andinos. CD ROM/FAO, 2001. Roma, Italia.
7. Bonifacio, A. 2006. Estudio de perspectiva para los productos del altiplano y valles centrales de los Andes. ICS-ONUDI. Naciones Unidas. 34 p.
8. Campos G., David. 2013. La quinua (*Chenopodium quinoa*): valorización nutricional y funcional, perspectivas. Congreso científico Internacional de quinua y granos andinos. Instituto de Biotecnología de la UNALM. Citado por Collazos *et al.* 1996.).

9. Canahua, Alipio; Tapia, Mario; Mujica, Ángel y Apaza Mamani, Vidal. Ficha técnica de quinua variedad: “Pasankalla” o “quinua roja” (en línea). Consultado el 25 de octubre del 2011. Disponible en: <http://qhantatiururi.org/alipiocanahua/blog/archives/4>.
10. Choi, Y.J., Danielsen, S., Lübeck, M., Hong, S.B., Delhey, R. And Shin, H.D., 2010, 'Morphological and molecular characterization of the causal agent of downy mildew disease on quinoa (*Chenopodium quinoa*).' *Mycopathologia*, vol. 169, pp. 403–412.
11. Couso, A.B., Calviño, D.F., Álvarez, M.A., Gándara, J.S., Nóvoa, J.C., Estévez, M. A. 2013. Pollution of surface waters by metalaxyl and nitrate from non-point sources. *Science of the Total Environment*. Volumen 461–462, 1 September 2013, Pages 282–289
12. Danielsen, S., Ames, T. 2008. El mildiú de la quinua en la zona andina (*Peronospora farinosa*) Manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno (en línea). Consultado el 14 de setiembre del 2011. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2008/QP/QP0701.xml;QP2007000024>.
13. Daza V., E. 1998. Enfermedad micótica en quinua. Setiembre 97 - Marzo 98, Año VI N° 11. s.p.
14. EcoCampo. Sf. Ficha técnica de Ecovida. (en línea). Consultado el 09 de mayo del 2014. Disponible en <http://www.ecocampo.com.pe/pdf/ficha-ecovida.pdf>.
15. EDA (Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores), 2008. Boletín Técnico de Producción. El uso del ácido salicílico y fosfonatos (fosfitos) para activación del sistema de resistencia adquirida de la planta (en línea). Consultado el 18 de octubre del 2011. Disponible en: [http://www.mcahonduras.hn/documentos/PublicacionesEDA/Manuales%20de%20produccion/EDA\\_Produccion\\_Uso\\_de\\_Acido\\_Salicilico\\_Y\\_Fosfitos\\_01\\_08.pdf](http://www.mcahonduras.hn/documentos/PublicacionesEDA/Manuales%20de%20produccion/EDA_Produccion_Uso_de_Acido_Salicilico_Y_Fosfitos_01_08.pdf).

16. Elmer, W.H., Datnoff, L.E. 2014. Mineral Nutrition and Suppression of Plant Disease. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. Pages 231–244. (en línea) consultado el 01 de set. 2014. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444525123002515>.
  
17. FRAC (Fungicide Resistance Action Committee). 2013. Fungicides sorted by mode of action. (en línea) consultado el 02 de set. 2014. Disponible en <http://www.frac.info/publication/anhang/FRAC%20Code%20List%202013-final.pdf>.
  
18. Gabriel, J., Luna, N., Vargas, A., Magne, J., Angulo, A., La Torre, J., Bonifacio, A. 2013. Resistencia al mildiú (*Peronospora variabilis*) en variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el valle bajo de Cochabamba. VI Congreso mundial de quinua. Ibarra, Ecuador. 36 diapositivas.
  
19. Gisi, U., Cohen, Y. 1996. RESISTANCE TO PHENYLAMIDE FUNGICIDES: A Case Study with *Phytophthora infestans* Involving Mating Type and Race Structure. Annual Review of Phytopathology. 34: 549-572. Solo resumen. (en línea) consultado el 02 de set. 2014. Disponible en: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.phyto.34.1.549>
  
20. Harris, G. 1997. Potassium deficiency in cotton linked to leafspot disease. Better Crops 81, 10-11. In: XVTH International Plant Protection Congress Beijing, China May 11-16, 2004.2 (en línea). Lima, Perú, Consultado 02 set. 2014. Disponible en: [http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/KCl\\_and\\_suppression\\_of\\_diseases.pdf](http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/KCl_and_suppression_of_diseases.pdf).
  
21. Hernández, A.N., Bautista, S., Velázquez-del Valle, M.G., Rodríguez, S.L., Corona, M.L., Solano, A., Bosquez, E. 2005. Potencial del Quitosano en el Control de las Enfermedades Postcosecha Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 23, núm. 002, julio - diciembre, 2005, Sociedad Mexicana de Fitopatología. p. 198-205.

22. Huber, D.M. y Arny, D.C. 1985. Interaction of potassium with plant disease. In: XVTH International Plant Protection Congress Beijing, China May 11-16, 2004.2 (en línea). Lima, Perú, Consultado 02 set. 2014. Disponible en: [http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/KCl\\_and\\_suppression\\_of\\_diseases.pdf](http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/KCl_and_suppression_of_diseases.pdf).
  
23. IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad). 2007. Granos Andinos, Quinoa en grano. Clasificación y requisitos. NB 312004. Norma Boliviana. Julio, 2007.
  
24. Infratec, sf. Analizador de granos para granos y harinas. (En línea). Consultado el 10 de junio del 2014. Disponible en: [file:///C:/Users/alex/Downloads/Infratec\\_1241\\_Solution\\_Brochure\\_GB%20pdf.pdf](file:///C:/Users/alex/Downloads/Infratec_1241_Solution_Brochure_GB%20pdf.pdf).
  
25. INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2006. Quinoa INIA 415 Pasankalla. Variedad para agroindustria, Exportación y consumo nacional. Illpa – puno. Boletín informativo.
  
26. Koziol, M.J.1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa. *Journal of Food and computational Analysis*, 5 (1992), pp. 35–68.
  
27. 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* 5 (2006) 879–889.
  
28. Lázaro, M. 1984. Enfermedades en el Cultivo de la Quinoa. En: Curso Sanidad Vegetal. Centro de Investigación y Promoción Agropecuaria CIPA XV (CINIPA)/Proyecto de Desarrollo Rural Puno Micro Región Juliaca. Puno, Perú. 112 p.
  
29. León H., Juvenal M. 2003. Cultivo de la Quinoa en Puno-Perú. Descripción, manejo y producción. UNA Puno - Ciencias Agrarias. Perú. 63p.

30. Madden, L. V. 1986. Statistical analysis and comparison of disease progress curves. Pg. 55-87 in Plant disease Epidemiology. Leonard, K. J. and W. E. Fry, eds. Macmillan. NY.
31. Méndez L., W., Arauz, L.F., Rios, R. 2010. Evaluación de fungicidas convencionales e inductores de resistencia para el combate de mildiú vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*) en melón (*Cucumis melo*). Agronomía Costarricense 34(2): 153-164. ISSN: 0377-9424.
32. Mercado, V. H. 2001. El mildiú de la quinua y su transmisión por medio de semilla. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 55 p.
33. MINAG – OEEE (Direcciones Regionales y Subregionales de Agricultura). 2014. superficie de siembra y cosechada. Base de datos. s.p.
34. MINAG – OEEE (Direcciones Regionales y Subregionales de Agricultura). 2011. Exportación de la quinua, superficie de siembra y cosechada. Base de datos. s.p.
35. Mujica, A. 1988. Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). En ORIGEN Y DESCRIPCION DE LA QUINUA CAPITULO I. (en línea) consultado el 01 de junio del 2014. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap1.htm#6>
36. Neoagrum. Sf. Ficha técnica de AGRO-MOS™. (en línea). Lima, Perú. Consultado el 07 de mayo del 2014. Disponible en: <http://www.neoagrum.com/pdf/ficha/FT%20AGRO-MOS.pdf>.
37. Ochoa, J., Frinking, H.D., Jacobs, Th. s.f. Caracterización de factores de resistencia y grupos de virulencia en el mildiú de la quinua en Ecuador. (en línea) Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación

Experimental Santa Catalina. Consultado el 19 de octubre del 2011. Disponible en: [http://www.preduza.org/ce2\\_1.htm](http://www.preduza.org/ce2_1.htm).

38. Oosterhuis, Derrick M., Loka, Dimitra A., Kawakami, Eduardo M., Pettigrew, William T. 2014. The Physiology of Potassium in Crop Production. *Advances in Agronomy*. Volume 126, 2014, Pages 203-233. Solo resumen.
39. Ortiz, R., Danielsen, S., Ames, T., Castro, A. s.f. Cultivos andinos. S.f. FAO. capítulo V: plagas y enfermedades del cultivo de quinua. (en línea). Consultado el 09 de setiembre del 2011. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap5.htm#17>.
40. Otazú, V., Aguilar, P. C., Canahua, A. 1976. Resistencia en quinua (*Chenopodium quinoa*) al mildiú *Peronospora effusa*. *Fitopatología*; 11:47-49.
41. Pathank, V. K., Mathur, S. B., Neergaard, P. 1978. Detection of *Peronospora manshurica* (Naum.) Syd. In Seeds of Soybean, *Glycine max*. Danish government institute of seed pathology for developing countries. Copenhagen, Denmark No. 63. EPPO Bulletin 8:21-28.
42. Plata, G., Testen, A., Backman, P. 2013. Evaluación de poblaciones de *Peronospora variabilis* en los valles de Bolivia (diapositiva). IV Congreso mundial de la quinua y I simposio internacional de Granos Andinos. Ibarra, Ecuador. 18 diapositivas.
43. Pozo C., Mario. 2014. Record nacional de rendimiento en quinua con el manejo fisionutricional (MFN). En *Red agrícola Perú* No. 16. Julio/Agosto ISSN 0718-0802. Pg. 13.
44. Química Suiza. 2013. Ficha técnica de Kalex. (en línea). Lima, Perú. Consultado el 07 de mayo del 2014. Disponible en: [http://www.qsindustrial.biz/sites/default/files/product/files/publics/ficha\\_tecnica\\_kalex.pdf](http://www.qsindustrial.biz/sites/default/files/product/files/publics/ficha_tecnica_kalex.pdf).

45. Rea, J., Tapia, M., Mujica, A. 1979. Prácticas agronómicas. Quinoa y Kañiwa. Cultivos andinos. (M.E. Tapia ed.). Archivo 49767. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bogotá – Colombia. p. 105 - 108.
  
46. 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.
  
47. Reuveni, M. 1995. Efficacy of foliar sprays of phosphonates in controlling powdery mildews in field-grown nectarine, mango trees and grapes. *Crop Protection* 14: 311-314.
  
48. Saharan, G.S. 1992. Management of rapeseed and mustard disease. In: Thakur, R.P.; Mathur, K. 2001. Downy mildews of India. *Crop Protection* 21 (2002) 333–345.
  
49. Saharan, G.S., Varma, P.R., Nashaat, N.I. 1997. Monograph on Downy Mildew of Crucifers Saskatoon Research Center. Technical Bulletin, Agriculture and Agri-food Canada. In: Thakur, R.P.; Mathur, K. 2001. Downy mildews of India. *Crop Protection* 21 (2002) 333–345.
  
50. Schwinn, F. and P. Margot. 1991. Control with chemicals. In: *Advances in Plant Pathology Vol. 7. Phytophthora infestans, the cause of late blight of potato*. D.S. Ingram and P.H. Williams (eds.) Academic Press. London. p 225-265.
  
51. 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.
  
52. Solid OPD 2011. La quinua el grano de oro. Guía para la producción de quinua en Ayacucho. Primera edición Agosto. p. 40.

53. SUNAT (Superintendencia Nacional de Administración Tributaria). 2014. Exportaciones de quinua a 37 mercados de destino. s.p.
54. Tapia, M. 2000. Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la alimentación. Segunda edición. FAO. p. 42 - 44.
55. Tecnología Química y Comercio - TQC, 2013. Ficha técnica de Kolapzer. (en línea). Lima, PE. Consultado el 07 de junio de 2014. Disponible en: <http://www.tqc.com.pe/product/kolapzer/>.
56. Tecnología Química y Comercio - TQC, 2014. Ficha técnica de Fitoklin, Diccionario de especialidades agroquímicas. (en línea). Lima, PE. Consultado el 01 de octubre de 2014. Disponible en: [file:///C:/Program%20Files%20\(x86\)/DEAQ-7/index.html](file:///C:/Program%20Files%20(x86)/DEAQ-7/index.html)
57. Testen, A., Ochoa J.B., Jovanna, P., Jiménez-Gasco, M.M., Backman P.s.f. Detección en semillas, filogenia y grupos de apareamiento de *Peronospora variabilis* en quinua. Implicaciones para el desarrollo de estrategias MIP. Department of Plant Pathology and Environmental Microbiology Pennsylvania State University. USA. 22 diapositivas.
58. UNIDO (Organización de las Naciones Unidas Para el Desarrollo Industrial). 2006. El futuro de los productos andinos en la región alta y los valles centrales de los andes. Informe en el área alta andina de Bolivia, Ecuador y Perú. Octubre. p. 5-6.
59. USDA (United States Department of Agriculture). S.f. Classification for Kingdom Plantae Down to Species *Chenopodium quinoa* Willd. (en línea). Consultado el 10 de setiembre del 2014. Disponible en: <http://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=display&classid=CHQU>
60. Vanderplank, J. C. 1963. Plant diseases: epidemics and control. Academic Press, New York. 349 p.

61. Vega, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., Martínez A. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *J Sci Food Agric* (2010) 90:2541-2547.
62. Verma, P.R., Saharan, G.S., Goyal, B.K., 1994. *Peronospora parasítica* (Pers. Ex Fr.) Fr (downy mildew) on crucifers. In: In: Thakur, R.P.; Mathur, K. 2001. Downy mildews of India. *Crop Protection* 21 (2002) 333–345.
63. Xiaojun, Z., Lu, R., Hui, Y., Jianbo, Z., Jvcai, H., Yong, L. 2013. Sensitivity of *Pseudoperonospora cubensis* to dimethomorph, metalaxyl and fosetyl-aluminium in Shanxi of China. *Crop Protection*. Volumen 43, Enero 2013, P. 38–44.

## XI. ANEXOS

**Anexo 1:** Análisis de variancia para el ABCPE, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013.

Fuente de variacion	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	11	202689.314	18426.3013	15.71	<.0001
error	18	21118.1425	1173.2301		
Total	29	223807.4565			

C.V. 12.72885

**Anexo 2:** Análisis de variancia para el valor *rho*, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013.

Fuente de variacion	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	11	4.33977E-07	3.94524E-08	3.85	0.0057
error	18	1.8466E-07	1.02589E-08		
Total	29	6.18636E-07			

C.V. 15.56499

**Anexo 3:** Análisis de variancia con datos corregidos ( $\sqrt{x}$ ) para el número de oosporas/kg de semilla, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013.

Fuente de variacion	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	11	21288.52424	1935.32039	16.38	<.0001
error	18	2126.23678	118.12427		
Total	29	23414.76102			

C.V. 12.16186

**Anexo 4:** Análisis de variancia con datos corregidos ( $\sqrt{x}$ ) para el contenido de proteínas (%) en semilla, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013.

Fuente de variacion	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	11	0.01613659	0.00146696	1.02	0.4671
error	18	0.02585078	0.00143615		
Total	29	0.04198737			

C.V. 1.130733

**Anexo 5:** Análisis de variancia para el peso de 1000 granos de quinua, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013.

Fuente de variacion	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	11	0.24764252	0.02251296	1.39	0.2568
error	18	0.29077592	0.01615422		
Total	29	0.53841844			

C.V. 2.94851

**Anexo 6:** Análisis de variancia con datos corregidos ( $\sqrt{x}$ ) para porcentaje de granos de quinua de 1,4; 1,7 y 2 mm de diámetro, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013.

Fuente de variacion	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	11	0.09832487	0.00893862	0.37	0.9511
error	18	0.43253352	0.02402964		
Total	29	0.53085838			

C.V. 1.680485

**Anexo 7:** Análisis de variancia para el rendimiento (kg/ha), calculado con el peso de los granos de cada panojas, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05.y 0,01. La Molina 2013.

<b>Fuente de variacion</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamiento	11	2723238.397	247567.127	4.99	0.0014
error	18	893464.643	49636.925		
Total	29	3616703.04			

C.V. 6.532712

**Anexo 8:** Análisis de variancia para el rendimiento (kg/ha), calculado con lo obtenido de los surcos centrales, de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla, con un nivel de significancia de 0,05. La Molina 2013.

<b>Fuente de variacion</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamiento	11	1073295.436	97572.312	11.93	<.0001
error	18	147217.569	8178.754		
Total	29	1220513.005			

C.V. 2.380954

**Anexo 9:** Cartilla de evaluación de severidad (%) del mildiú en quinua Pasankalla. La Molina 2013.

Trat.	Bloq.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
FP	I																					
FP	II																					
FP	III																					
KO	I																					
KO	II																					
KO	III																					
E	I																					
E	II																					
E	III																					
A	I																					
A	II																					
A	III																					
FP+E	I																					
FP+E	II																					
FP+E	III																					
KO+E	I																					
KO+E	II																					
KO+E	III																					
FP+A	I																					
FP+A	II																					
FP+A	III																					
KO+A	I																					
KO+A	II																					
KO+A	III																					
TM	I																					
TM	II																					
TM	III																					
T	I																					
T	II																					
T	III																					

**Anexo 10: Severidad del mildiú causado por *P. variabilis* en quinua Pasankalla. La Molina 2013.**

Trat.	28-ago	31set	2set	4set	7set	9set	11set	14set	16set	18set	20set	22set	25set	30set	02-oct	05-oct	07-oct	09-oct	12-oct	15-oct	ABCPE
	1era 26 dds	2da 29 dds	3era 31dds	4ta 33 dds	5ta 36 dds	6ta 38 dds	7ma 40 dds	8ava 43dds	9na 45dds	10ma 47dds	11ma 49 dds	12ma 51 dds	13ra 54 dds	14ta 59 dds	15ta 61 dds	16ta 64 dds	17ma 66 dds	18va 68 dds	19na 71 dds	20ma 74dds	
FP	0.30	1.40	1.70	1.00	1.05	0.20	0.65	1.20	1.65	2.30	1.65	2.80	2.35	4.30	4.30	6.10	9.00	11.50	13.00	18.50	199.65
FP	0.15	0.90	1.55	1.05	0.55	0.70	0.60	0.15	1.75	2.50	1.80	2.95	2.40	4.20	4.10	6.20	8.20	11.25	13.85	16.50	193.20
FP	0.50	2.50	1.65	0.90	0.60	0.60	0.45	0.20	1.50	2.35	1.60	2.75	2.35	3.55	3.55	6.40	11.50	13.35	14.60	17.00	207.03
KO	0.20	1.30	1.75	1.00	0.65	0.50	0.75	0.00	1.35	2.10	2.90	2.55	2.75	8.43	8.43	12.03	13.83	14.78	18.45	21.50	276.93
KO	1.25	1.65	1.25	0.60	0.45	0.55	0.35	0.15	1.70	2.10	2.10	2.20	2.85	8.52	8.55	12.60	14.05	13.90	17.70	21.60	273.22
KO	0.65	2.20	1.05	1.20	0.60	0.60	0.20	0.35	3.30	3.40	3.00	2.60	3.10	8.70	8.70	11.95	13.60	14.80	18.00	21.40	286.33
E	0.35	1.15	0.85	0.40	1.00	0.50	0.30	0.65	1.90	3.20	5.45	5.11	4.30	11.00	12.12	14.35	23.70	25.48	18.36	19.23	362.74
E	0.55	2.00	2.65	0.65	0.40	0.60	0.40	0.55	1.80	2.30	2.60	5.13	4.10	10.38	10.38	15.00	22.36	23.22	17.70	18.38	343.12
E	1.55	2.05	1.35	0.75	0.60	1.05	0.50	0.00	0.75	1.55	1.55	4.05	4.45	13.40	13.40	16.85	21.50	21.95	19.65	19.85	361.63
A	1.40	0.95	0.70	1.10	1.50	2.00	0.90	1.00	2.85	4.00	4.95	6.90	6.25	8.20	9.10	13.12	14.50	20.45	23.95	24.80	360.40
A	0.30	0.50	0.50	0.85	0.40	0.35	0.10	0.05	1.15	1.60	2.10	7.88	5.85	8.60	8.60	14.25	16.35	19.28	25.85	25.32	343.33
A	0.35	0.80	0.45	0.35	0.20	0.60	0.30	0.20	1.90	2.65	3.50	7.22	5.40	10.15	10.15	13.05	15.20	18.10	24.90	27.20	347.68
FP+E	1.80	3.75	3.85	0.80	0.65	0.40	0.80	0.20	1.25	1.15	2.50	2.85	3.02	5.23	5.26	7.33	8.55	9.40	13.55	14.20	208.04
FP+E	1.45	2.75	1.40	1.75	0.60	0.55	0.75	0.15	2.15	1.50	2.20	3.11	3.05	5.90	5.90	9.55	8.30	9.21	13.75	14.66	214.89
FP+E	0.90	1.90	1.00	0.70	0.20	0.30	0.60	0.00	0.35	1.25	1.60	2.85	3.00	4.88	4.88	8.15	8.68	9.03	13.23	15.13	189.88
KO+E	0.30	2.10	1.90	0.85	1.15	1.30	0.75	0.30	4.45	3.55	4.35	4.05	3.11	6.55	6.85	9.30	12.40	13.65	14.30	13.55	252.44
KO+E	1.10	2.65	2.25	0.90	0.30	0.05	0.40	0.45	1.30	1.55	1.50	3.85	2.90	6.20	6.20	9.55	12.83	12.05	12.88	13.13	223.09
KO+E	1.30	2.50	0.85	0.90	0.10	0.30	0.40	0.45	1.45	0.75	2.00	3.20	3.15	7.15	7.15	9.44	13.25	14.05	13.65	13.33	233.20
FP+A	0.75	0.65	0.75	0.20	0.25	0.20	0.40	0.00	1.30	2.00	3.00	7.45	6.00	4.65	4.65	11.05	13.35	6.65	14.65	16.55	229.63
FP+A	0.15	0.60	0.20	0.30	0.10	0.30	0.15	0.00	0.95	1.65	2.75	6.55	6.35	5.85	5.85	11.20	12.25	8.98	13.90	16.05	232.39
FP+A	0.20	0.20	0.20	0.32	0.10	0.60	0.15	0.25	1.65	1.15	4.10	7.20	6.35	5.21	5.20	11.00	11.45	7.63	13.50	16.33	227.34
KO+A	0.55	1.05	1.10	0.95	0.85	0.00	0.10	0.05	0.90	1.45	4.20	7.50	5.44	5.20	4.80	8.86	8.62	9.20	13.55	16.05	221.45
KO+A	0.35	0.65	0.70	0.50	0.15	0.15	0.20	0.20	1.10	1.45	2.25	7.00	5.25	4.65	4.65	9.25	8.95	10.40	14.55	16.55	217.98
KO+A	0.20	0.70	0.35	0.60	0.10	0.20	0.10	0.10	1.30	1.50	3.60	8.00	5.70	4.93	4.93	7.58	8.45	8.95	13.00	17.28	213.68
TM	1.20	1.60	1.45	0.40	0.00	0.00	0.10	0.00	0.40	0.15	0.30	0.40	0.60	7.95	8.95	9.55	6.00	7.90	9.75	15.00	172.63
TM	0.20	0.80	0.45	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.25	0.40	0.45	0.80	6.78	6.78	8.23	8.40	7.03	10.13	15.95	160.13
TM	0.80	1.10	0.90	0.35	0.20	0.50	0.10	0.05	0.80	0.40	1.00	0.44	0.75	9.60	9.60	11.90	7.80	8.15	9.50	16.48	193.54
T	1.75	2.00	1.80	1.35	3.65	1.95	1.25	0.40	5.10	3.95	4.65	4.25	5.35	16.00	16.30	17.55	10.75	21.70	17.35	23.25	394.48
T	0.25	2.25	2.10	1.15	0.80	0.15	0.65	0.85	3.30	3.00	4.90	5.85	7.05	28.00	28.05	29.00	28.45	23.25	26.23	25.63	557.14
T	0.90	3.55	1.80	2.35	1.00	1.10	0.70	0.45	1.75	2.05	1.35	2.95	6.35	14.00	14.25	15.85	18.55	18.65	19.75	25.40	375.68

**Anexo 11:** Promedio del ABCPE del mildiú, causado por *P. variabilis* en quinua Pasankalla por cada tratamiento y repetición. La Molina 2013.

<b>Tratamiento</b>	<b>Bloque</b>		
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
A	338.43	356.73	309.23
E	256.60	572.45	337.85
FP	186.58	178.30	252.80
FP+A	188.88	289.90	272.30
FP+E	194.83	218.70	394.00
KO	163.90	264.30	291.70
KO+A	200.30	224.58	305.03
KO+E	238.13	352.20	225.05
T	424.23	708.58	392.70
TM	120.00	356.63	183.25

**Anexo 12:** Datos de severidad (proporciones) del mildiú en quinua Pasankalla, que fueron ingresados en el programa SAS, para búsqueda de mejor ajuste (Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gómpertz). La Molina 2013.

Cod.	Bloque I			Bloque II			Bloque III		
	Tra.	dds	sev.	Tra.	dds	sev.	Tra.	dds	sev.
FP	1	26	0.0031	1	26	0.0016	1	26	0.0051
FP	1	29	0.0141	1	29	0.0091	1	29	0.0251
FP	1	31	0.0171	1	31	0.0156	1	31	0.0166
FP	1	33	0.0101	1	33	0.0106	1	33	0.0091
FP	1	36	0.0106	1	36	0.0056	1	36	0.0061
FP	1	38	0.0021	1	38	0.0071	1	38	0.0061
FP	1	40	0.0066	1	40	0.0061	1	40	0.0046
FP	1	43	0.0121	1	43	0.0016	1	43	0.0021
FP	1	45	0.0166	1	45	0.0176	1	45	0.0151
FP	1	47	0.0231	1	47	0.0251	1	47	0.0236
FP	1	49	0.0166	1	49	0.0181	1	49	0.0161
FP	1	51	0.0281	1	51	0.0296	1	51	0.0276
FP	1	54	0.0236	1	54	0.0241	1	54	0.0236
FP	1	59	0.0431	1	59	0.0421	1	59	0.0356
FP	1	61	0.0431	1	61	0.0411	1	61	0.0356
FP	1	64	0.0611	1	64	0.0621	1	64	0.0641
FP	1	66	0.0901	1	66	0.0821	1	66	0.1151
FP	1	68	0.1151	1	68	0.1126	1	68	0.1336
FP	1	71	0.1301	1	71	0.1386	1	71	0.1461
FP	1	74	0.1851	1	74	0.1651	1	74	0.1701
KO	2	26	0.0021	2	26	0.0126	2	26	0.0066
KO	2	29	0.0131	2	29	0.0166	2	29	0.0221
KO	2	31	0.0176	2	31	0.0126	2	31	0.0106
KO	2	33	0.0101	2	33	0.0061	2	33	0.0121
KO	2	36	0.0066	2	36	0.0046	2	36	0.0061
KO	2	38	0.0051	2	38	0.0056	2	38	0.0061
KO	2	40	0.0076	2	40	0.0036	2	40	0.0021
KO	2	43	0.0001	2	43	0.0016	2	43	0.0036
KO	2	45	0.0136	2	45	0.0171	2	45	0.0331
KO	2	47	0.0211	2	47	0.0211	2	47	0.0341
KO	2	49	0.0291	2	49	0.0211	2	49	0.0301
KO	2	51	0.0256	2	51	0.0221	2	51	0.0261
KO	2	54	0.0276	2	54	0.0286	2	54	0.0311
KO	2	59	0.0844	2	59	0.0853	2	59	0.0871
KO	2	61	0.0844	2	61	0.0856	2	61	0.0871
KO	2	64	0.1204	2	64	0.1261	2	64	0.1196
KO	2	66	0.1384	2	66	0.1406	2	66	0.1361
KO	2	68	0.1479	2	68	0.1391	2	68	0.1481
KO	2	71	0.1846	2	71	0.1771	2	71	0.1801
KO	2	74	0.2151	2	74	0.2161	2	74	0.2141

Continuación

E	3	26	0.0036	3	26	0.0056	3	26	0.0156
E	3	29	0.0116	3	29	0.0201	3	29	0.0206
E	3	31	0.0086	3	31	0.0266	3	31	0.0136
E	3	33	0.0041	3	33	0.0066	3	33	0.0076
E	3	36	0.0101	3	36	0.0041	3	36	0.0061
E	3	38	0.0051	3	38	0.0061	3	38	0.0106
E	3	40	0.0031	3	40	0.0041	3	40	0.0051
E	3	43	0.0066	3	43	0.0056	3	43	0.0001
E	3	45	0.0191	3	45	0.0181	3	45	0.0076
E	3	47	0.0321	3	47	0.0231	3	47	0.0156
E	3	49	0.0546	3	49	0.0261	3	49	0.0156
E	3	51	0.0512	3	51	0.0514	3	51	0.0406
E	3	54	0.0431	3	54	0.0411	3	54	0.0446
E	3	59	0.1101	3	59	0.1039	3	59	0.1341
E	3	61	0.1213	3	61	0.1039	3	61	0.1341
E	3	64	0.1436	3	64	0.1501	3	64	0.1686
E	3	66	0.2371	3	66	0.2237	3	66	0.2151
E	3	68	0.2549	3	68	0.2323	3	68	0.2196
E	3	71	0.1837	3	71	0.1771	3	71	0.1966
E	3	74	0.1924	3	74	0.1839	3	74	0.1986
A	4	26	0.0141	4	26	0.0031	4	26	0.0036
A	4	29	0.0096	4	29	0.0051	4	29	0.0081
A	4	31	0.0071	4	31	0.0051	4	31	0.0046
A	4	33	0.0111	4	33	0.0086	4	33	0.0036
A	4	36	0.0151	4	36	0.0041	4	36	0.0021
A	4	38	0.0201	4	38	0.0036	4	38	0.0061
A	4	40	0.0091	4	40	0.0011	4	40	0.0031
A	4	43	0.0101	4	43	0.0006	4	43	0.0021
A	4	45	0.0286	4	45	0.0116	4	45	0.0191
A	4	47	0.0401	4	47	0.0161	4	47	0.0266
A	4	49	0.0496	4	49	0.0211	4	49	0.0351
A	4	51	0.0691	4	51	0.0789	4	51	0.0723
A	4	54	0.0626	4	54	0.0586	4	54	0.0541
A	4	59	0.0821	4	59	0.0861	4	59	0.1016
A	4	61	0.0911	4	61	0.0861	4	61	0.1016
A	4	64	0.1313	4	64	0.1426	4	64	0.1306
A	4	66	0.1451	4	66	0.1636	4	66	0.1521
A	4	68	0.2046	4	68	0.1929	4	68	0.1811
A	4	71	0.2396	4	71	0.2586	4	71	0.2491
A	4	74	0.2481	4	74	0.2533	4	74	0.2721

Continuación

FP+E	5	26	0.0181	5	26	0.0146	5	26	0.0091
FP+E	5	29	0.0376	5	29	0.0276	5	29	0.0191
FP+E	5	31	0.0386	5	31	0.0141	5	31	0.0101
FP+E	5	33	0.0081	5	33	0.0176	5	33	0.0071
FP+E	5	36	0.0066	5	36	0.0061	5	36	0.0021
FP+E	5	38	0.0041	5	38	0.0056	5	38	0.0031
FP+E	5	40	0.0081	5	40	0.0076	5	40	0.0061
FP+E	5	43	0.0021	5	43	0.0016	5	43	0.0001
FP+E	5	45	0.0126	5	45	0.0216	5	45	0.0036
FP+E	5	47	0.0116	5	47	0.0151	5	47	0.0126
FP+E	5	49	0.0251	5	49	0.0221	5	49	0.0161
FP+E	5	51	0.0286	5	51	0.0312	5	51	0.0286
FP+E	5	54	0.0303	5	54	0.0306	5	54	0.0301
FP+E	5	59	0.0524	5	59	0.0591	5	59	0.0489
FP+E	5	61	0.0527	5	61	0.0591	5	61	0.0489
FP+E	5	64	0.0734	5	64	0.0956	5	64	0.0816
FP+E	5	66	0.0856	5	66	0.0831	5	66	0.0869
FP+E	5	68	0.0941	5	68	0.0922	5	68	0.0904
FP+E	5	71	0.1356	5	71	0.1376	5	71	0.1324
FP+E	5	74	0.1421	5	74	0.1467	5	74	0.1514
KO+E	6	26	0.0031	6	26	0.0111	6	26	0.0131
KO+E	6	29	0.0211	6	29	0.0266	6	29	0.0251
KO+E	6	31	0.0191	6	31	0.0226	6	31	0.0086
KO+E	6	33	0.0086	6	33	0.0091	6	33	0.0091
KO+E	6	36	0.0116	6	36	0.0031	6	36	0.0011
KO+E	6	38	0.0131	6	38	0.0006	6	38	0.0031
KO+E	6	40	0.0076	6	40	0.0041	6	40	0.0041
KO+E	6	43	0.0031	6	43	0.0046	6	43	0.0046
KO+E	6	45	0.0446	6	45	0.0131	6	45	0.0146
KO+E	6	47	0.0356	6	47	0.0156	6	47	0.0076
KO+E	6	49	0.0436	6	49	0.0151	6	49	0.0201
KO+E	6	51	0.0406	6	51	0.0386	6	51	0.0321
KO+E	6	54	0.0312	6	54	0.0291	6	54	0.0316
KO+E	6	59	0.0656	6	59	0.0621	6	59	0.0716
KO+E	6	61	0.0686	6	61	0.0621	6	61	0.0716
KO+E	6	64	0.0931	6	64	0.0956	6	64	0.0945
KO+E	6	66	0.1241	6	66	0.1284	6	66	0.1326
KO+E	6	68	0.1366	6	68	0.1206	6	68	0.1406
KO+E	6	71	0.1431	6	71	0.1289	6	71	0.1366
KO+E	6	74	0.1356	6	74	0.1314	6	74	0.1334

Continuación

FP+A	7	26	0.0076	7	26	0.0016	7	26	0.0021
FP+A	7	29	0.0066	7	29	0.0061	7	29	0.0021
FP+A	7	31	0.0076	7	31	0.0021	7	31	0.0021
FP+A	7	33	0.0021	7	33	0.0031	7	33	0.0033
FP+A	7	36	0.0026	7	36	0.0011	7	36	0.0011
FP+A	7	38	0.0021	7	38	0.0031	7	38	0.0061
FP+A	7	40	0.0041	7	40	0.0016	7	40	0.0016
FP+A	7	43	0.0001	7	43	0.0001	7	43	0.0026
FP+A	7	45	0.0131	7	45	0.0096	7	45	0.0166
FP+A	7	47	0.0201	7	47	0.0166	7	47	0.0116
FP+A	7	49	0.0301	7	49	0.0276	7	49	0.0411
FP+A	7	51	0.0746	7	51	0.0656	7	51	0.0721
FP+A	7	54	0.0601	7	54	0.0636	7	54	0.0636
FP+A	7	59	0.0466	7	59	0.0586	7	59	0.0522
FP+A	7	61	0.0466	7	61	0.0586	7	61	0.0521
FP+A	7	64	0.1106	7	64	0.1121	7	64	0.1101
FP+A	7	66	0.1336	7	66	0.1226	7	66	0.1146
FP+A	7	68	0.0666	7	68	0.0899	7	68	0.0764
FP+A	7	71	0.1466	7	71	0.1391	7	71	0.1351
FP+A	7	74	0.1656	7	74	0.1606	7	74	0.1634
KO+A	8	26	0.0056	8	26	0.0036	8	26	0.0021
KO+A	8	29	0.0106	8	29	0.0066	8	29	0.0071
KO+A	8	31	0.0111	8	31	0.0071	8	31	0.0036
KO+A	8	33	0.0096	8	33	0.0051	8	33	0.0061
KO+A	8	36	0.0086	8	36	0.0016	8	36	0.0011
KO+A	8	38	0.0001	8	38	0.0016	8	38	0.0021
KO+A	8	40	0.0011	8	40	0.0021	8	40	0.0011
KO+A	8	43	0.0006	8	43	0.0021	8	43	0.0011
KO+A	8	45	0.0091	8	45	0.0111	8	45	0.0131
KO+A	8	47	0.0146	8	47	0.0146	8	47	0.0151
KO+A	8	49	0.0421	8	49	0.0226	8	49	0.0361
KO+A	8	51	0.0751	8	51	0.0701	8	51	0.0801
KO+A	8	54	0.0545	8	54	0.0526	8	54	0.0571
KO+A	8	59	0.0521	8	59	0.0466	8	59	0.0494
KO+A	8	61	0.0481	8	61	0.0466	8	61	0.0494
KO+A	8	64	0.0887	8	64	0.0926	8	64	0.0759
KO+A	8	66	0.0863	8	66	0.0896	8	66	0.0846
KO+A	8	68	0.0921	8	68	0.1041	8	68	0.0896
KO+A	8	71	0.1356	8	71	0.1456	8	71	0.1301
KO+A	8	74	0.1606	8	74	0.1656	8	74	0.1729

Continuación

TM	9	26	0.0121	9	26	0.0021	9	26	0.0081
TM	9	29	0.0161	9	29	0.0081	9	29	0.0111
TM	9	31	0.0146	9	31	0.0046	9	31	0.0091
TM	9	33	0.0041	9	33	0.0026	9	33	0.0036
TM	9	36	0.0001	9	36	0.0001	9	36	0.0021
TM	9	38	0.0001	9	38	0.0001	9	38	0.0051
TM	9	40	0.0011	9	40	0.0001	9	40	0.0011
TM	9	43	0.0001	9	43	0.0001	9	43	0.0006
TM	9	45	0.0041	9	45	0.0041	9	45	0.0081
TM	9	47	0.0016	9	47	0.0026	9	47	0.0041
TM	9	49	0.0031	9	49	0.0041	9	49	0.0101
TM	9	51	0.0041	9	51	0.0046	9	51	0.0045
TM	9	54	0.0061	9	54	0.0081	9	54	0.0076
TM	9	59	0.0796	9	59	0.0679	9	59	0.0961
TM	9	61	0.0896	9	61	0.0679	9	61	0.0961
TM	9	64	0.0956	9	64	0.0824	9	64	0.1191
TM	9	66	0.0601	9	66	0.0841	9	66	0.0781
TM	9	68	0.0791	9	68	0.0704	9	68	0.0816
TM	9	71	0.0976	9	71	0.1014	9	71	0.0951
TM	9	74	0.1501	9	74	0.1596	9	74	0.1649
T	10	26	0.0176	10	26	0.0026	10	26	0.0091
T	10	29	0.0201	10	29	0.0226	10	29	0.0356
T	10	31	0.0181	10	31	0.0211	10	31	0.0181
T	10	33	0.0136	10	33	0.0116	10	33	0.0236
T	10	36	0.0366	10	36	0.0081	10	36	0.0101
T	10	38	0.0196	10	38	0.0016	10	38	0.0111
T	10	40	0.0126	10	40	0.0066	10	40	0.0071
T	10	43	0.0041	10	43	0.0086	10	43	0.0046
T	10	45	0.0511	10	45	0.0331	10	45	0.0176
T	10	47	0.0396	10	47	0.0301	10	47	0.0206
T	10	49	0.0466	10	49	0.0491	10	49	0.0136
T	10	51	0.0426	10	51	0.0586	10	51	0.0296
T	10	54	0.0536	10	54	0.0706	10	54	0.0636
T	10	59	0.1601	10	59	0.2801	10	59	0.1401
T	10	61	0.1631	10	61	0.2806	10	61	0.1426
T	10	64	0.1756	10	64	0.2901	10	64	0.1586
T	10	66	0.1076	10	66	0.2846	10	66	0.1856
T	10	68	0.2171	10	68	0.2326	10	68	0.1866
T	10	71	0.1736	10	71	0.2624	10	71	0.1976
T	10	74	0.2326	10	74	0.2564	10	74	0.2541

**Anexo 13:** Comandos para modelo lineal ingresados al programa SAS, para encontrar el modelo de mejor ajuste para el mildiú de quinua Pasankalla como respuesta a los tratamientos para su control. La Molina 2013.

```

data mildiu;
input trat time disease; /*assign variable names*/
y = (disease + 0.1)/100; /* standardizes disease to scale from 0 to 1.0 */
E = log(y); /*transforms data to linear form of exponential model */
M = log(1/(1-y)); /*transforms data to linear form of monomolecular model*/
L = log(y/(1-y)); /*transforms data to linear form of logistic model*/
G = log(1/log(1/y)); /*transforms data to linear form of Gompertz model*/
datalines;

;
proc sort; by trat time; proc print;
title 'Disease Progress Data for Phytophthora Epidemics';
proc plot vpct=50; by trat; /*plots untransformed and transformed data against time*/
plot E*time; plot M * time; plot L * time; plot G * time;
/* disease progress models: Y = untransformed, E = Exponential,
M = monomolecular, L = logistic, G= Gompertz */
proc glm; by trat; /*linear regression model*/
model E M L G = time;
output out = plotdata predicted = pE pM pL pG residuals = rE rM rL rG;
run;
/*output residual and predicted data for each model for subsequent plotting*/
/*overlay plots of residual and predicted values for Y, E, M, L, and G models*/
proc plot vpct=50; by trat;
plot rE*pE/vref = 0; plot pE*time = 'p' E*time = '*' / overlay;
proc plot vpct=50; by trat;
plot rM * pM/vref = 0; plot pM * time = 'p' M*time = '*' / overlay;
proc plot vpct=50; by trat;
plot rL*pL/vref = 0; plot pL * time = 'p' L * time = '*' / overlay;
proc plot vpct=50; by trat;
plot rG * pG/vref = 0; plot pG * time = 'p' G * time = '*' / overlay;
run;
data back; set plotdata;
backE=exp(pE); /*back-transformation for exponential model*/
backM=1-(1/exp(pM)); /*back-transformation for monomolecular model*/
backL=exp(pL)/(exp(pL)+1); /*back-transformation for logistic model*/
backG=exp(-exp(-pG)); /*back-transformation for Gompertz model*/
proc glm; by trat; /* analysis of back-transformed data to calculate R*2 and MSE*/
model backE backM backL backG = Y;
title 'calculation of R*2 and MSE* for comparison of different models';
run;

```

**Anexo 14:** Cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y distribución de residuales (M. malo, R. regular, B. bueno y MB. Muy bueno), para los diferentes modelos epidemiológicos (Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz) con tres repeticiones (I, II y III) de la severidad del mildiú en quinua Pasankalla. La Molina 2013.

Trat		I				II				III			
		Expo.	mono	Log.	Gomp´.	Expo.	mono	Log.	Gomp´.	Expo.	mono	Log.	Gomp´.
1	<b>CME</b>	2.971E-08	5.435E-08	2.974E-08	3.243E-08	2.595E-08	4.700E-08	2.597E-08	2.830E-08	3.462E-08	6.328E-08	3.465E-08	3.776E-08
	<b>R2</b>	7.932E-01	7.063E-01	7.930E-01	7.815E-01	8.129E-01	7.302E-01	8.127E-01	8.017E-01	7.708E-01	6.819E-01	7.707E-01	7.592E-01
	<b>Residual</b>	B	M	B	R	B	M	B	B	B	R	B	B
2	<b>CME</b>	3.209E-08	7.808E-08	3.214E-08	3.669E-08	3.397E-08	8.006E-08	3.402E-08	3.857E-08	3.059E-08	7.129E-08	3.063E-08	3.475E-08
	<b>R2</b>	8.966E-01	7.967E-01	8.965E-01	8.845E-01	8.862E-01	7.852E-01	8.861E-01	8.741E-01	8.988E-01	8.053E-01	8.987E-01	8.874E-01
	<b>Residual</b>	B	M	B	B	B	R	B	B	B	B	B	B
3	<b>CME</b>	7.365E-08	1.200E-07	7.366E-08	7.594E-08	6.775E-08	1.172E-07	6.778E-08	7.147E-08	6.475E-08	1.200E-07	6.478E-08	6.892E-08
	<b>R2</b>	8.627E-01	8.034E-01	8.627E-01	8.594E-01	8.436E-01	7.732E-01	8.435E-01	8.378E-01	8.677E-01	7.905E-01	8.677E-01	8.619E-01
	<b>Residual</b>	B	B	B	B	B	B	MB	MB	B	R	B	MB
4	<b>CME</b>	3.700E-08	9.540E-08	3.707E-08	4.280E-08	4.487E-08	1.200E-07	4.495E-08	5.201E-08	3.632E-08	1.100E-07	3.639E-08	4.333E-08
	<b>R2</b>	9.192E-01	8.249E-01	9.191E-01	9.078E-01	9.140E-01	8.087E-01	9.139E-01	9.020E-01	9.316E-01	8.278E-01	9.315E-01	9.194E-01
	<b>Residual</b>	B	R	B	B	MB	B	MB	MB	B	B	B	B
5	<b>CME</b>	2.625E-08	4.227E-08	2.626E-08	2.811E-08	2.225E-08	3.838E-08	2.226E-08	2.407E-08	2.177E-08	4.034E-08	2.179E-08	2.382E-08
	<b>R2</b>	7.421E-01	6.629E-01	7.420E-01	7.316E-01	8.225E-01	7.460E-01	8.224E-01	8.125E-01	8.362E-01	7.525E-01	8.361E-01	8.254E-01
	<b>Residual</b>	MB	R	MB	R	MB	B	B	B	R	B	MB	MB
6	<b>CME</b>	2.020E-08	3.428E-08	2.021E-08	2.164E-08	2.521E-08	4.308E-08	2.523E-08	2.711E-08	2.688E-08	4.775E-08	2.690E-08	2.899E-08
	<b>R2</b>	8.919E-01	8.352E-01	8.918E-01	8.853E-01	8.379E-01	7.654E-01	8.379E-01	8.293E-01	8.549E-01	7.817E-01	8.548E-01	8.466E-01
	<b>Residual</b>	MB	MB	MB	MB	MB	B	MB	B	R	B	B	B
7	<b>CME</b>	3.489E-08	5.375E-08	3.490E-08	3.679E-08	2.167E-08	3.831E-08	2.168E-08	2.324E-08	2.556E-08	3.982E-08	2.557E-08	2.694E-08
	<b>R2</b>	8.235E-01	7.652E-01	8.235E-01	8.167E-01	9.025E-01	8.447E-01	9.025E-01	8.962E-01	8.753E-01	8.243E-01	8.753E-01	8.695E-01
	<b>Residual</b>	MB											
8	<b>CME</b>	2.445E-08	3.948E-08	2.447E-08	2.608E-08	2.425E-08	4.366E-08	2.427E-08	2.633E-08	2.650E-08	4.200E-08	2.652E-08	2.818E-08
	<b>R2</b>	8.528E-01	7.912E-01	8.527E-01	8.450E-01	8.707E-01	7.998E-01	8.706E-01	8.617E-01	8.478E-01	7.878E-01	8.477E-01	8.400E-01
	<b>Residual</b>	MB	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	MB	MB
9	<b>CME</b>	3.083E-08	4.947E-08	3.085E-08	3.291E-08	2.547E-08	4.508E-08	2.548E-08	2.758E-08	3.678E-08	5.810E-08	3.680E-08	3.904E-08
	<b>R2</b>	7.388E-01	6.663E-01	7.387E-01	7.299E-01	8.095E-01	7.290E-01	8.094E-01	7.994E-01	7.648E-01	6.983E-01	7.647E-01	7.571E-01
	<b>Residual</b>	B	B	B	MB	B	MB	MB	B	B	B	MB	MB
10	<b>CME</b>	6.178E-08	1.001E-07	6.181E-08	6.463E-08	2.200E-07	2.600E-07	2.200E-07	2.100E-07	5.200E-08	1.200E-07	5.206E-08	5.782E-08
	<b>R2</b>	8.614E-01	8.029E-01	8.613E-01	8.564E-01	8.059E-01	7.835E-01	8.061E-01	8.124E-01	8.875E-01	7.941E-01	8.874E-01	8.777E-01
	<b>Residual</b>	MB	B	B	B	B	B						

**Anexo 15:** Calidad de granos de quinua Pasankalla en respuesta a los tratamientos de control de *P. variabilis*. La Molina 2013.

Trat.	Bloq.	proteína (%)	peso de 1000 granos (g)	2mm (g)	1.7 mm (g)	1.4 mm (g)	Fondo (g)	2mm (%)	1.7 mm (%)	1.4 mm (%)	Fondo (%)	1.7+2 mm (%)
FP	I	11.32	4.31	1.47	15.09	3.16	0.28	7.33	75.43	15.82	1.42	82.76
FP	II	11.25	4.25	2.25	14.66	2.75	0.33	11.25	73.31	13.77	1.66	84.56
FP	III	11.05	4.35	1.09	7.32	1.54	0.05	10.88	73.20	15.44	0.48	84.08
KO	I	11.20	4.41	3.12	14.14	2.69	0.05	15.61	70.68	13.46	0.25	86.29
KO	II	11.04	4.53	1.35	16.27	2.27	0.11	6.73	81.37	11.36	0.54	88.10
KO	III	11.36	4.43	1.86	14.87	2.89	0.38	9.29	74.33	14.47	1.91	83.62
E	I	11.18	4.33	2.81	13.44	3.37	0.38	14.06	67.18	16.87	1.89	81.25
E	II	11.15	4.16	0.07	17.27	2.11	0.56	0.36	86.33	10.53	2.78	86.69
E	III	11.35	4.49	3.65	14.53	1.63	0.19	18.25	72.67	8.13	0.95	90.92
A	I	11.23	4.12	2.85	13.81	3.23	0.11	14.26	69.05	16.14	0.55	83.31
A	II	12.21	4.43	2.96	13.86	3.09	0.09	14.80	69.30	15.46	0.44	84.11
A	III	11.19	4.48	3.40	13.53	2.98	0.09	17.01	67.63	14.92	0.44	84.64
FP+E	I	11.50	4.44	6.26	11.16	2.51	0.07	31.30	55.80	12.55	0.35	87.10
FP+E	II	11.33	4.39	2.02	15.65	2.17	0.16	10.10	78.27	10.83	0.80	88.37
FP+E	III	10.87	4.17	0.32	15.33	3.79	0.56	1.61	76.63	18.96	2.80	78.24
KO+E	I	11.17	4.29	2.22	14.64	3.00	0.15	11.10	73.18	15.00	0.73	84.27
KO+E	II	11.19	4.15	2.53	14.12	2.96	0.39	12.65	70.59	14.82	1.94	83.24
KO+E	III	10.91	4.25	2.54	14.28	2.79	0.39	12.72	71.38	13.95	1.95	84.10
FP+A	I	11.55	4.40	2.57	14.65	2.66	0.13	12.83	73.26	13.27	0.63	86.09
FP+A	II	11.17	3.97	0.91	15.32	3.23	0.54	4.55	76.60	16.16	2.69	81.15
FP+A	III	10.94	4.20	1.64	15.60	2.72	0.04	8.21	78.00	13.60	0.18	86.22
KO+A	I	11.54	4.23	2.19	15.26	2.47	0.08	10.93	76.32	12.35	0.41	87.24
KO+A	II	11.04	4.12	1.57	15.42	2.90	0.12	7.84	77.08	14.48	0.60	84.93
KO+A	III	11.02	4.21	1.19	15.89	2.83	0.08	5.96	79.45	14.16	0.42	85.42
TM	I	11.33	4.25	3.79	13.50	2.58	0.13	18.96	67.50	12.92	0.63	86.46
TM	II	11.49	4.30	1.83	15.29	2.51	0.37	9.13	76.45	12.56	1.86	85.58
TM	III	10.99	4.36	5.83	11.91	2.17	0.09	29.13	59.56	10.84	0.46	88.69
T	I	11.19	4.35	2.13	14.90	2.60	0.37	10.63	74.51	13.00	1.86	85.14
T	II	11.13	4.38	2.68	14.42	2.78	0.12	13.38	72.11	13.92	0.59	85.50
T	III	11.13	4.54	1.52	15.51	2.90	0.07	7.62	77.54	14.48	0.36	85.17

**Anexo 16:** Peso (g) de granos de quinua Pasankalla, de panojas marcadas por tratamiento. La Molina 2013.

Trat.	Bloq.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	prom.	Rendimiento (kg/ha)
FP	I	5.5	3.3	7.6	10.7	6.9	12.1	6.3	10.8	8.6	14.5	11.8	8.3	14.5	11.9	11.2	11.8	10.8	9.3	18.0	7.6	10.08	4155.94
FP	II	12.8	6.5	14.2	15.3	5.0	14.3	10.8	5.6	7.7	10.1	12.4	13.6	5.4	14.9	15.5	11.7	11.1	4.5	6.4	9.1	10.35	4267.31
FP	III	8.9	10.0	8.1	8.1	8.6	12.7	11.6	8.3	12.0	12.3	8.5	8.5	6.9	9.0	9.2	7.6	7.6	7.6	7.6	9.0	9.11	3755.81
KO	I	11.1	9.3	9.7	8.6	9.2	12.2	6.0	5.6	5.8	13.7	8.0	13.3	8.1	10.8	6.0	5.0	5.0	7.7	12.7	8.0	8.79	3625.88
KO	II	11.8	10.5	10.6	5.9	8.6	9.2	11.3	8.1	7.0	12.2	10.7	5.8	10.4	8.3	6.5	11.5	2.5	7.1	5.9	8.9	8.64	3564.00
KO	III	6.5	6.7	7.6	5.7	6.1	8.2	6.1	5.0	8.1	5.5	15.6	7.0	6.0	6.1	9.4	12.6	7.0	6.6	13.7	10.8	8.02	3306.19
E	I	17.0	5.2	9.0	9.7	6.2	8.0	8.0	5.9	7.0	10.0	4.9	4.8	5.0	4.3	12.4	4.7	13.9	9.0	5.0	5.0	7.75	3196.88
E	II	13.2	8.8	8.5	5.3	9.1	7.3	10.2	6.4	7.2	9.3	9.9	12.9	8.9	5.8	4.5	5.9	5.9	6.0	4.4	7.4	7.85	3236.06
E	III	5.2	5.5	8.3	8.5	11.6	6.9	5.1	5.4	5.8	8.3	10.6	7.5	7.4	11.1	3.4	6.1	8.9	6.2	7.6	4.5	7.20	2967.94
A	I	11.4	10.0	11.0	10.0	10.0	6.0	6.8	5.0	5.0	7.0	7.6	12.5	3.9	10.5	15.4	9.8	7.0	5.9	8.6	5.0	8.42	3473.25
A	II	10.5	8.3	3.7	5.7	9.9	6.9	7.4	4.3	11.9	7.9	10.2	6.1	7.5	7.2		2.2	9.0		3.8	4.7	7.07	2915.00
A	III	5.8	6.2	8.5	4.0	9.8	9.8	8.3	8.8	8.8	9.1	10.1	8.4	6.2	5.7	11.5	7.0	8.5	5.3	4.2	7.5	7.68	3165.94
FP+E	I	9.4	5.6	8.9	5.1	10.1	8.4	6.8	16.3	9.6	9.8	8.1	7.1	9.5	3.5	3.3	8.5	5.8	5.9	9.7	10.6	8.10	3341.25
FP+E	II	8.5	10.8	5.2	13.9	9.5	6.9	12.1	11.1	12.8	6.8	12.7	7.4	17.3	7.6	14.5	9.6	4.9	8.5	4.6	10.2	9.75	4019.81
FP+E	III	11.2	11.9	6.5	7.6	8.4	9.4	7.1	8.4	5.9	11.2	6.1	6.0	7.1	7.0	10.0	4.7	7.2	6.9	10.2	9.4	8.11	3345.38
KO+E	I	10.2	8.2	12.0	7.1	6.9	7.0	13.1	4.0	8.6	8.0	8.8	9.1	5.7	10.7	4.6	9.0	13.3	8.4	8.3	9.8	8.64	3564.00
KO+E	II	6.0	5.6	5.8	4.9	5.6	4.2	10.1	11.6	10.7	14.8	9.1	4.7	6.1	5.0	9.6	6.7	5.9	13.7	9.5	7.5	7.86	3240.19
KO+E	III	7.2	8.6	14.3	8.0	14.4	13.7	6.8	8.4	11.7	14.1	10.2	4.2	5.7	8.6	5.3	4.7	7.0	7.3	12.1	6.4	8.94	3685.69
FP+A	I	9.1	6.0	10.2	10.9	5.6	12.4	5.5	6.0	10.5	7.5	3.4	4.0	23.4	7.2	5.9	3.7		5.8	6.0	6.2	7.86	3241.38
FP+A	II	7.2	8.0	6.7	10.2	9.3	6.0	7.0	7.3	8.6	7.9	11.0	7.4	9.0	10.4	5.3	4.3	7.7	6.0	8.0	6.0	7.67	3161.81
FP+A	III	9.4	7.8	3.6	9.9	14.7	5.9	4.4	4.2	11.5	7.3	5.6	6.8	11.0	8.4	10.0	11.8	8.5	6.2	9.4		8.23	3395.53
KO+A	I	21.3	8.3	9.2	10.5	3.6	8.1	5.4	9.6	7.9	15.2	4.9	7.8	4.6	6.9	5.1	5.4	4.3	5.6	5.0	7.1	7.79	3213.38
KO+A	II	6.8	8.0	12.1	8.5	6.5	7.2	9.3	3.0	8.0	9.0	4.1	12.4	7.7	7.5	3.3	4.5	5.7	7.7	9.8	6.9	7.40	3052.50
KO+A	III	7.0	8.6	5.9	7.6	7.0	6.0	6.1	5.1	7.0	6.1	11.6	8.0	7.9	7.8	7.0	6.6	5.6	5.1	12.0	5.9	7.20	2967.94
TM	I	10.2	10.3	8.2	9.4	14.0	8.0	7.6	5.2	6.0	8.0	8.6	10.0	9.8	10.1	11.7	5.0	4.6	15.7	6.2	7.5	8.81	3632.06
TM	II	5.1	9.3	10.1	4.2	6.1	11.2	7.6	9.6	6.8	10.5	6.0	7.8	6.6	7.6	11.8	9.0	8.4	16.6	9.3	12.1	8.79	3623.81
TM	III	7.1	8.6	6.8	6.8	7.9	11.1	8.3	13.6	6.0	10.2	7.8	5.0	9.1	8.5	7.4	14.0	12.2	11.6	10.4	12.0	9.22	3803.25
T	I	10.0	9.0	11.6	9.3	9.9	7.0	6.0	6.0	6.0	7.0	8.0	9.8	6.0	5.3	8.8	5.6	7.2	5.8	6.0	8.0	7.62	3141.19
T	II	8.0	11.6	8.2	7.8	8.7	4.8	7.2	6.5	7.9	7.1	6.0	8.5	6.0	8.5	11.4	12.2	9.4	5.0	12.3	5.4	8.13	3351.56
T	III	7.8	4.8	3.2	3.2	8.4	7.8	8.8	5.0	5.8	7.5	9.7	10.2	5.0	10.4	10.5	4.6	9.1	9.1	5.4	4.4	7.04	2901.94

**Anexo 17:** Cosecha de los surcos centrales y laterales., biomasa (kg/ha) de los tratamientos para el control de *P. variabilis* en quinua Pasankalla. La Molina 2013.

Trat.	Bloque	Biomasa Surcos centrales	Biomasa total	Cosecha de parcelas (kg)		Rendimiento (kg/ha)		
				Surcos centrales	Surcos laterales	Surcos centrales (C)	Surcos laterales (L)	C+L
FP	I	8.10	12656.25	2.44	2.63	4119.53	4109.38	3957.03
FP	II	7.95	12421.88	2.41	3.32	4092.03	5179.69	4474.22
FP	III	6.80	10625.00	2.42	2.56	4071.25	3998.44	3892.58
KO	I	8.45	13203.13	2.18	2.37	3680.94	3703.13	3554.69
KO	II	6.95	10859.38	2.14	2.45	3616.09	3825.00	3585.55
KO	III	6.20	9687.50	2.10	2.23	3536.41	3482.81	3384.38
E	I	7.50	11718.75	2.32	2.23	3874.22	3484.38	3558.20
E	II	6.05	9453.13	2.39	2.51	3979.53	3923.44	3828.91
E	III	6.10	9531.25	2.26	2.43	3754.53	3789.06	3659.38
A	I	7.35	11484.38	2.27	2.63	3804.53	4109.38	3825.39
A	II	6.65	10390.63	2.23	2.28	3678.44	3568.75	3524.22
A	III	7.30	11406.25	2.31	2.09	3842.97	3257.81	3430.47
FP+E	I	8.35	13046.88	2.23	2.34	3737.50	3648.44	3566.41
FP+E	II	7.35	11484.38	2.25	2.88	3820.94	4492.19	4004.30
FP+E	III	6.30	9843.75	2.27	2.60	3801.88	4060.94	3804.69
KO+E	I	7.70	12031.25	2.08	2.74	3512.19	4288.28	3765.23
KO+E	II	7.25	11328.13	2.11	2.49	3534.53	3884.38	3586.72
KO+E	III	6.10	9531.25	2.09	2.74	3544.84	4276.56	3771.09
FP+A	I	8.15	12734.38	2.24	2.44	3732.50	3804.69	3651.95
FP+A	II	7.75	12109.38	2.22	2.56	3709.84	4000.00	3735.16
FP+A	III	7.35	11484.38	2.26	2.71	3772.50	4239.06	3883.59
KO+A	I	7.00	10937.50	2.17	2.14	3627.03	3343.75	3363.67
KO+A	II	8.15	12734.38	2.28	2.06	3789.06	3214.06	3385.94
KO+A	III	6.50	10156.25	2.05	2.00	3434.22	3120.31	3164.84
TM	I	10.10	15781.25	2.54	2.00	4243.91	3120.31	3544.53
TM	II	7.80	12187.50	2.40	2.21	4018.28	3445.31	3594.53
TM	III	6.45	10078.13	2.47	2.55	4144.38	3978.13	3917.19
T	I	8.40	13125.00	2.37	3.35	3936.41	5240.63	4469.53
T	II	6.75	10546.88	2.27	2.48	3800.78	3879.69	3713.28
T	III	6.65	10390.63	2.25	2.41	3738.59	3771.88	3645.31

**Anexo 18:** Número de Oosporas de *P. variabilis* en cuatro observaciones contadas en cubreobjetos de 22 x 22 mm. La Molina 2013.

Trat.	Bloque	Oosp. Contadas				Prom.	Nº de Oosporas/ kg de semilla
		m1	m2	m3	m4		
FP	I	0	1	1	2	1.0	6000.0
FP	II	2	1	1	1	1.3	8000.0
FP	III	0	1	1	1	0.8	4500.0
KO	I	3	4	0	4	2.8	16500.0
KO	II	4	2	0	5	2.8	16500.0
KO	III	2	0	1	4	1.8	10500.0
E	I	2	0	1	0	0.8	4500.0
E	II	0	0	2	2	1.0	6000.0
E	III	1	1	1	0	0.8	4500.0
A	I	0	2	4	2	2.0	12000.0
A	II	4	0	1	0	1.3	7500.0
A	III	1	2	1	0	1.0	6000.0
FP+E	I	2	0	3	0	1.3	7500.0
FP+E	II	2	1	0	1	1.0	6000.0
FP+E	III	2	0	1	1	1.0	6000.0
KO+E	I	1	1	1	2	1.3	7500.0
KO+E	II	0	2	1	3	1.5	9000.0
KO+E	III	2	0	0	0	0.5	3000.0
FP+A	I	2	0	0	0	0.5	3000.0
FP+A	II	1	1	0	0	0.5	3000.0
FP+A	III	1	0	1	1	0.8	4500.0
KO+A	I	3	3	2	3	2.8	16500.0
KO+A	II	5	3	2	2	3.0	18000.0
KO+A	III	2	3	3	1	2.3	13500.0
TM	I	0	1	0	2	0.8	4500.0
TM	II	1	0	2	0	0.8	4500.0
TM	III	0	0	1	0	0.3	1500.0
T	I	2	3	2	5	3.0	18000.0
T	II	3	3	1	3	2.5	15000.0
T	III	5	3	3	2	3.3	19500.0

**m:**muestra

**Anexo 19:** Costo de producción de quinua Pasankalla convencional en siembra de invierno. La Molina 2013.

<b>CULTIVO</b>	QUINUA	<b>LUGAR</b>		Costa
<b>VARIEDAD</b>	PASANKALLA	<b>SISTEMA DE RIEGO</b>		Riego Gravedad
<b>PERIODO VEGETATIVO</b>	4 Meses	<b>EPOCA DE SIEMBRA</b>		Agosto
<b>NPK ALTA</b>	100-80-20	<b>RENDIMIENTO (t/ha)</b>		4.00
<b>DISTANCIAMIENTO</b>	0.8 m	<b>TIPO DE CAMBIO US\$</b>		2.82
<b>NIVEL TECNOLÓGICO</b>	Alta	<b>Fecha de elaboración</b>		feb-14
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD POR ( ha )</b>	<b>PRECIO UNITARIO ( S/. )</b>	<b>COSTO TOTAL ( S/. )</b>
<b>I - COSTOS DIRECTOS</b>				<b>6,139.90</b>
<b>MUESTREO DE SUELO</b>				<b>105.00</b>
Toma de muestra	Jornal	0.5	30.00	15.00
Análisis de suelo	Caracterización	1	60.00	60.00
Interpretación recomendación	Consul	1	30.00	30.00
<b>INSUMOS</b>				<b>2,094.90</b>
<b>Semillas</b>				
Basica	Kg	10	25.00	250.00
<b>Fertilizantes-Abonos</b>				
Urea	Kg	150.00	1.70	255.00
Fosfato diamonico	Kg	175.00	2.20	385.00
Cloruro de potasio	Kg	34.00	2.10	71.40
Materia Orgánica	TM	3.00	250.00	750.00
<b>Fertilizantes Foliares</b>				
Quimifol Plus 600	Kg	2.00	14.00	28.00
Quimifol 435	Lt	1.00	18.00	18.00
Fertilon Combi	Kg	0.50	75.00	37.50
<b>Plaguicidas</b>				
<b>Insecticidas</b>				
Tifon	Kg	25	1.60	40.00
Cipermex	Lt	2	50.00	100.00
Pounce	Lt	1	160.00	160.00
<b>Fungicidas</b>				
AGRO MOS	Lt	5	105.00	
Ecovida	Lt	10	25.00	
kalex	Lt	2	65.00	
Kolapzer	Lt	4	115.00	
Fitoklin	Kg	1	250.00	

Continuación

<b>MANO DE OBRA</b>	Jornal	<b>63</b>		<b>1,905.00</b>
<b>Prep. Terreno</b>				
Riego de machaco	Jornal	2	30.00	60.00
Canteo	Jornal	1	30.00	30.00
Preparación sistema de riego	Jornal	2	30.00	60.00
Limpieza	Jornal	2	15.00	30.00
<b>Siembra</b>				
Desinfección de semillas	Jornal	0.5	30.00	15.00
Siembra + 1ra. Fertilización	Jornal	8	30.00	240.00
<b>Labores Culturales</b>				
Riegos	Jornal	7	30.00	210.00
2 do. Abonamiento	Jornal	2	30.00	60.00
Deshierbos - Raleo	Jornal	12	30.00	360.00
Aporque	Jornal	2	30.00	60.00
Controles fitosanitarios	Jornal	12	30.00	360.00
<b>Cosecha</b>				
Siega	Jornal	7	30.00	210.00
Trilla venteo	Jornal	5	30.00	150.00
Ensacado carguio	Jornal	2	30.00	60.00
<b>MECANIZACION</b>		<b>12</b>		<b>1,135.00</b>
<b>Prep. Terreno</b>				
Aradura	Hr - Maq	4	80.00	320.00
Cruza - rastreo	Hr - Maq	3	80.00	240.00
Surcado	Hr - Maq	1	80.00	80.00
<b>Labores Culturales</b>				
Cultivar (Control de maleza)	Hr - Maq	2	80.00	160.00
Aporque	Hr - Maq	2	80.00	160.00
<b>Cosecha</b>				
Trilla mecanizada	Hr - Maq	5	35.00	175.00
<b>OTROS GASTOS</b>				<b>900.00</b>
Alquiler de tierra	ha	1	600.00	600.00
Fumigadora	Mochila	24	10.00	240.00
Sacos	Sacos	50	1.20	60.00
<b>II - COSTOS INDIRECTOS ( VARIABLE )</b>				<b>472.77</b>
Costos financieros (6 meses)	%	10.00	2,455.96	245.60
Asistencia Técnica	%	1.20	6,139.90	73.68
Imprevistos	%	2.50	6,139.90	153.50
<b>COSTO SUBTOTAL POR HECTAREA ( EN NUEVOS SOLES )</b>				<b>6,612.67</b>