

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



“RESISTENCIA DE 88 ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), A MILDIU (*Peronospora variabilis*), EN INVERNADERO Y EN CAMPO, EN CUTUGLAGUA, ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

ERICK SANTIAGO ESCOBAR VACA

TUTOR:

ING. MARCO OSWALDO PEREZ SALINAS PhD.

CEVALLOS - ECUADOR

2022

**“RESISTENCIA DE 88 ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), A
MILDIU (*Peronospora variabilis*), EN INVERNADERO Y EN CAMPO, EN
CUTUGLAGUA, ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA”**

REVISADO POR:

PhD. Mg. Ing. Marco Pérez

TUTOR

APROBADOS POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Fecha

16-09-2022

Ing. Manolo Muñoz PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

16-09-2022

Ing. Mg. Jorge Dobronski

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN:

16-09-2022

Ing. Mg. David Guerrero

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN:

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, ESCOBAR VACA ERICK SANTIAGO, portador de la cédula de ciudadanía número: 1804969713, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “RESISTENCIA DE 88 ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), A MILDIU (*Peronospora variabilis*), EN INVERNADERO Y EN CAMPO, EN CUTUGLAGUA, ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA”, es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



ESCOBAR VACA ERICK SANTIAGO

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “RESISTENCIA DE 88 ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), A MILDIU (*Peronospora variabilis*), EN INVERNADERO Y EN CAMPO, EN CUTUGLAGUA, ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA”, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad. Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial. Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



ESCOBAR VACA ERICK SANTIAGO

DEDICATORIA

A mis amados padres, por brindarme la dicha de ser su hijo, quienes han guiado cada uno de mis pasos, infinitas gracias por su apoyo incondicional, el esfuerzo, la confianza y el sacrificio que han hecho por darme siempre lo mejor, todos sus consejos, sus regaños y reclamos me han servido mucho en la vida para así poder llegar hasta aquí y convertirme en un hombre de bien, eternamente agradecido por nunca dejar de creer en mí, los amo tanto mis viejitos.

A mi esposa Irina, una persona quien llegó a mi vida para brindarme su amor incondicional, tiempo, apoyo, confianza y convertirme en un mejor ser humano, infinitas gracias por darme a mi hermosa hija y por todo lo compartido en familia, gracias por apoyar cada paso que he dado, por todas las locuras vividas juntos, que la vida nos mantenga unidos y junto a nuestra hija, TE AMO.

Mi hijita amada Iris quien es mi motivo de superación cada día, infinitas gracias por regalarme las mejores sonrisas y brindarme tu amor incondicional, eres lo mejor que me paso en mi vida hijita amada, princesa hermosa nunca olvides que papa TE AMA TANTO.

A mis queridas hermanas, Macarena y Alisson quienes han estado ahí junto a mí en las buenas y malas, infinitas gracias por ser parte de mi vida las amo tanto.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero infinitamente a Dios, por brindarme salud, vida y siempre ser el guía de un buen camino a seguir.

A mis amados padres por siempre apoyarme en todo, por brindarme la oportunidad de culminar mis estudios y ser el pilar fundamental para alcanzar mis peldaños.

A mi esposa por brindarme su tiempo, apoyo, confianza y sobre todo paciencia, por darme todos esos consejos, que me han inspirado a mejorar muchas cosas de mí.

A mis hermanas y demás familiares que me han brindado sus consejos y me han servido de mucho para culminar mi carrera.

A mi querida suegra Cecilia, quien me ayudado con sus consejos y de una u otra manera siempre se ha hecho presente en el transcurso de esta etapa.

A mis estimados docentes por brindarme sus conocimientos, los cuales sirven mucho en la vida profesional.

Al Ing. Marco Pérez por ser mi guía y apoyarme en el transcurso de esta investigación.

A mi estimada Ing. Judith Zapata, por ser mi guía en este proceso de investigación, muchas gracias por la confianza, el aprecio y todo el conocimiento que se me ha impartido de su parte.

Tabla de contenido

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	2
1.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	6
1.3.1 Generalidades del cultivo de quinua (<i>Chenopodium quinua</i>).....	6
1.3.2 Clasificación taxonómica.....	6
1.3.3 Etapas fenológicas.....	7
1.3.4 Morfología de la planta de quinua	8
1.3.6 Requerimientos nutricionales.....	9
1.3.7 Plagas y enfermedades	9
1.4 OBJETIVOS	12
1.4.1 Objetivo general.....	12
1.4.2 Objetivos específicos	12
CAPÍTULO II	13
METODOLOGÍA	13
2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	13
2.1.1 Ubicación política	13
2.1.2 Ubicación geográfica	13
2.1.3 Características agroclimáticas.....	13
2.2 EQUIPOS Y MATERIALES.....	13
2.2.1 Equipos.....	13
2.2.2 Materiales.....	14
2.2.3 Materiales de oficina	14
2.3 FACTORES DE ESTUDIO.....	14
2.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	15

2.4.1 Métodos.....	15
2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	16
2.6 DISEÑO DE CAMPO.....	17
2.7 ESPECIFICACIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	18
2.8 VARIABLE RESPUESTA	19
CAPÍTULO III.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
3.1 Líneas de quinua inoculadas con mildiu extraído del cantón Colta.....	21
3.1.1 Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Colta	21
3.1.2 Esporulación de las cepas del cantón Colta en las plantas de quinua	22
3.1.3 Periodo de incubación de las cepas del cantón Colta.....	24
3.2 Líneas de quinua inoculadas con mildiu extraída del cantón Lasso	25
3.2.1 Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Lasso.....	25
3.2.2 Esporulación de las cepas del cantón Lasso en la quinua	27
3.2.3 Periodo de incubación de las cepas del cantón Lasso	28
3.3 Líneas de quinua inoculadas con mildiu extraída del cantón Píllaro	30
3.3.1 Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Píllaro ...	30
3.3.2 Esporulación de las cepas del cantón Píllaro en la quinua.....	32
3.3.3 Periodo de incubación de las cepas del cantón Píllaro.....	33
3.4 Líneas de quinua inoculadas con cepas de mildiu extraídas de la Estación Santa Catalina, probadas en campo.....	35
3.4.1 Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas de la Estación Santa Catalina	35
3.4.2 Esporulación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua	36
3.4.3 Periodo de incubación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua.....	38
CAPÍTULO IV.....	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41

4.1 CONCLUSIONES	41
4.2 RECOMENDACIONES	42
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>).....	6
Tabla 2. Croquis del diseño experimental bajo invernadero.....	16
Tabla 3. Croquis del diseño experimental de campo	17
Tabla 4. Resistencia de las plantas hacia las cepas del cantón Colta	21
Tabla 5. Esporulación de las cepas del cantón Colta en las plantas de quinua	23
Tabla 6. Periodo de incubación de las cepas del cantón Colta.....	24
Tabla 7. Resistencia de las plantas hacia las cepas del cantón Lasso	26
Tabla 8. Esporulación de las cepas del cantón Lasso en las plantas de quinua	27
Tabla 9. Periodo de incubación de las cepas del cantón Lasso	29
Tabla 10. Resistencia de las plantas hacia las cepas del cantón Píllaro	30
Tabla 11. Esporulación de las cepas del cantón Píllaro en la quinua.....	32
Tabla 12. Periodo de incubación de las cepas del cantón Píllaro.....	33
Tabla 13. Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas de la Estación Santa Catalina	35
Tabla 14. Esporulación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua	36
Tabla 15. Periodo de incubación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Colta.....	22
Figura 2. Esporulación de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Colta	23
Figura 3. Periodo de incubación de las cepas del cantón Colta	25
Figura 4. Resistencia de las plantas hacia las cepas del cantón Lasso.....	27
Figura 5. Esporulación de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Lasso ...	28
Figura 6. Periodo de incubación de las cepas del cantón Lasso.....	30
Figura 7. Resistencia de las plantas hacia las cepas del cantón Píllaro.....	31
Figura 8. Esporulación de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Píllaro ..	33
Figura 9. Periodo de incubación de las cepas del cantón Píllaro	34
Figura 10. Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas de la Estación Santa Catalina	36
Figura 11. Esporulación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua	37
Figura 12. Periodo de incubación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Semillas y sustrato.....	47
Anexo 2. Siembra.....	47
Anexo 3. Riego y fertilización	47
Anexo 4. Identificación del patógeno	48
Anexo 5. Inoculación	48
Anexo 6. Plantas infectadas	49
Anexo 7. Preparación del terreno y siembra	49
Anexo 8. Riego, fumigación y fertilización	50
Anexo 9. Inoculación	50
Anexo 10. Evaluación.....	50

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en el cantón Mejía perteneciente a la provincia de Pichicha, específicamente en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en donde el objetivo principal de la investigación fue estudiar la variabilidad patogénica y evaluar la resistencia a *Peronospora variabilis* en accesiones de *Chenopodium quinoa* del banco de germoplasma del PRONALEG. Para cumplir con el propósito se sembraron bajo invernadero 5 semillas de cada una de las 88 líneas de quinua, para posteriormente ser inoculadas con mildiu, que fueron obtenidas de diferentes sectores de la región sierra y se realizaron dos pruebas de campo, se les evaluó la resistencia, esporulación y periodo de incubación.

Los resultados obtenidos de la investigación fueron: la línea ECU-550 presentó total resistencia al hongo proveniente de Colta, la línea LPEQ 3 se mostró completamente resistente a la cepa extraída del sector de Lasso y Píllaro, mientras que las líneas Tunkahuán, LPEQ 3, LPEQ 4, LPEQ 9 y ECU-507 se encontraron totalmente resistentes a las cepas que provenían de Píllaro y las líneas ECU-531, ECU-552 y ECU-531 presentaron resistencia a las cepas obtenidas de la Estación Santa Catalina. La mayoría de líneas presentó una esporulación abundante y el periodo de incubación oscilo entre las 24 y 36 horas.

Palabras claves: Inoculación, líneas, mildiu, quinua, resistencia.

SUMMARY

The present research project of I carry ended in the Mejia canton belonging to the province of Pichincha, specifically in the Santa Catalina Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research (INIAP), where the main objective of the research was to study the pathogenic variability and evaluate resistance to (*Peronospora variabilis*) in *Chenopodium quinoa* accessions from the PRONALEG germplasm bank. To fulfill the aforementioned purpose, 5 seeds of each 88 of the quinoa lines were sown under a greenhouse, to later be inoculated with mildew that were extracted from different sectors, in addition, two tests were carried out in the field, these lines were evaluated for resistance, sporulation and incubation period.

The results obtained from the investigation were: the ECU-550 line presented total resistance to fungus from Colta, the LPEQ 3 line was completely resistant to the strain extracted from Lasso and Pillaro sector, while the Tunkahuán, LPEQ 3, LPEQ 4, LPEQ 9 and ECU-507 lines were indicated totally resistant to the strains that came from Píllaro and the lines ECU-531, ECU-552 and ECU-531 presented resistance to the strains obtained from the Santa Catalina Station. Most of the lines showed abundant sporulation and the incubation period ranged between 24 and 36 hours.

Keywords: Inoculation, lines, mildew, quinoa, resistance.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinua* Wild.) se consideraba la base de la alimentación de los pueblos andinos y también era empleada en la medicina, con la llegada de los españoles la quinua tuvo un importante desarrollo tecnológico y con ello una vasta distribución en el territorio Inca y fuera de él. La quinua tuvo sus orígenes en la cuenca del lago Titicaca de Perú y Bolivia, en la actualidad el grano de quinua presenta un alto contenido nutricional y es cultivado en Perú, Bolivia, Ecuador, Chile, entre otros; siendo Perú y Bolivia los principales productores y exportadores de quinua (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego 2015).

En el Ecuador es un alimento que presenta características nutritivas de importancia, es el único alimento de origen vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, vitaminas y oligoelementos que requiere el cuerpo humano y que además no contiene gluten. Es un cultivo que se adapta a diversos climas, a suelos pobres con elevada salinidad y además es resistente a la sequía; puede ser cultivado desde el nivel del mar hasta los 4 000 msnm y soporta temperaturas entre -8 y 38°C (Daza *et al.*, 2015)

El mildiu (*Peronospora variabilis*) es la enfermedad que más daño le causa al cultivo de quinua, afectando principalmente su desarrollo y producción, es por ello que con el paso del tiempo se han implementado estudios de variedades de quinua que muestren resistencia a dicha enfermedad, debido a que el cultivo de quinua ha adquirido mucha importancia para la agro-exportación y la nutrición humana. Esta enfermedad es la principal causante de grandes pérdidas económicas en la producción del cultivo (Risco M. y Mattos C., 2015).

Debido a esto la superficie de siembra ha disminuido progresiva y drásticamente, y al implementar técnicas para el control del mildiu los costos de producción se han visto incrementados y el rendimiento es bajo, lo cual le convierte en un cultivar no rentable

para los agricultores por lo que prefieren no sembrar la quinua. Por ello este proyecto tiene como finalidad el sacar líneas de quinua resistentes al mildiu, realizando pruebas prácticas e investigativas con 88 líneas de quinua que tiene el banco de germoplasma del PRONALEG en Santa Catalina - Pichincha, de esta forma se podrá liberar próximamente líneas resistentes a esta enfermedad y así evitar pérdidas considerables en el cultivo de quinua, mejorando la calidad de vida del productor.

1.2 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Aguilar *et al.*, (2020) menciona que una de las enfermedades más importantes en el cultivo de quinua es el mildiu ya que ocasiona pérdidas económicas representativas; por lo que en su investigación se plantearon como objetivos detectar el inóculo primario, describir la sintomatología y evaluar el efecto de inductores de defensa en el control del mildiu. Utilizaron la metodología de detección directa para la observación de oosporas, empleando los siguientes tratamientos: Biosar, 3Tac, Agromos+Soil set, Action FP/Pare, Metalosate y testigo; se evaluó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) y se realizaron comparaciones de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$). En todas las muestras de quinua se encontraron oosporas, siendo la variedad INIA-Altiplano la que mostró mayor número (96) y la variedad Pasankalla mostró solo 8 oosporas/100 unidades de semilla. Como síntomas se observaron manchas amarillentas en el haz de la hoja y en el envés esporulación grisácea.

La investigación se realizó en la parroquia Alaquez, cantón Latacunga provincia del Cotopaxi, en los predios del Instituto Superior Agropecuario “Simón Rodríguez”; se evaluaron tres factores importantes: tres tipos de fertilización, tres líneas de quinua y el control químico del mildiu. Obteniendo un total de 18 tratamientos colocados en tres repeticiones adquiriendo un total de 54 unidades experimentales y cada unidad experimental consistía en 4 surcos de 5 metros de largo separados a 0.6 metros. Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar; obteniendo como resultados de la investigación que el mildiu es el causante del 40.79% de la defoliación en la quinua, reducción de la altura de la planta y diámetro del tallo, así como también acorta los días de la floración y de cosecha. La línea más afectada fue la ECU-479 (36%) la cual tuvo una disminución en el rendimiento del 24.7% por hectárea, mientras

que la línea ECU-638 no presentó disminución de rendimiento a pesar de mostrar los niveles más altos de severidad al ataque de mildiu (Beltrán Guerrero, 2002).

Gabriel *et al.*, (2012) sostiene que investigar cultivares de quinua resistentes a mildiu es de suma importancia ya que el cultivo de quinua tiene una gran importancia económica y alimentaria en los pueblos Andinos y con el paso del tiempo han incrementado alimentos derivados de la quinua importantes para la nutrición humana, con ello se realizó dicha investigación en el valle de Cochabamba, Bolivia. Se evaluaron 36 cultivares bajo dos tipos de control para mildiu y un testigo en el valle; se determinó el área bajo la curva de progreso de *Peronospora farinosa* relativa (ABCPPFrel), el rendimiento y 11 variables cuantitativas de importancia. Como resultados se obtuvo que los cultivares H172, A26, A03, A16, A22, A14 y H171 fueron los que presentaron más resistencia, mientras que los cultivares 01Tardía, 08Tardía, 12Tardía, 04Tardía, 11Tardía, 10Tardía, 19Tardía y 18Tardía fueron los más susceptibles, concluyendo así que cuando el ataque del mildiu es severo, se ve afectado considerablemente el rendimiento en grano.

El estudio y la incorporación de variedades resistentes a mildiu, con características altas en producción son de mucha importancia para que este grano andino pueda ser competitivo en el mercado y rentable para los agricultores; siendo así que en este estudio se evaluaron características fenotípicas, madurez fisiológica, reacción a mildiu y rendimiento de grano. Los datos se obtuvieron de forma cuantitativa y se expresaron mediante el ANVA y la PRM de Duncan; se generó así la variedad de quinua, INIA 437 Roja del Norte, la cual fue bien recibida por los agricultores de la investigación y que además presentó características muy sobresalientes en cuanto a productividad y tolerancia a mildiu, en cuanto al grano era de color blanco y semidulce, la panoja y el follaje de color púrpura; por lo cual posee una mayor estabilidad y rentabilidad para la zona sierra norte del Perú (Tejada Campos, 2020).

Calle Sillo *et al.*, (2016) manifiesta que la investigación se realizó con el objetivo de valorar variables representativas de 12 líneas de quinua roja (*Chenopodium quinoa Willd.*) escogidas por su resistencia al mildiu (*Peronospora variabilis*), en la cosecha y post cosecha; se obtuvo como resultado que ha mayor altura de planta existe mejor desarrollo y calidad de grano, las líneas evaluadas mostraron mayor porcentaje de

grano mediano con la diferencia de presentar características significativas al ser procesadas, presentando una buena calidad de grano para semilla, característica que se le atribuye al material genético; concluyendo así que se deben establecer criterios técnicos de evaluación en el proceso de selección en campo para obtener los mejores granos de cada línea.

La investigación se llevó a cabo en la Paz-Bolivia en el centro de Facilidades para la Investigación K'iphak'iphani, donde se evaluó el efecto de las frecuencias de aplicación de tres Eco-Fungicidas para el control del mildiu de la quinua (*Peronospora variabilis*), los eco-fungicidas fueron: Bio Bull, Ecobacillus-L y Polisulfuro de Calcio; el ensayo se llevó a cabo con tres aplicaciones y dos testigos, uno sin ninguna aplicación y el otro con químico Ridomil, se obtuvo 33 unidades experimentales. Los resultados de la investigación mostraron que los eco-fungicidas tuvieron una respuesta favorable sobre las esporas del hongo, obteniéndose la mejor respuesta sobre el testigo químico con Ridomil y el eco-fungicida Polisulfuro de Calcio donde el control de la enfermedad fue más rápida y más completa seguido por el Ecobacillus-L, Bio Bull y por último el testigo sin aplicación (Cumara Huaynoca, 2019).

Risco y Mattos, (2015) mencionan que en la presente investigación se planteó evaluar el efecto de aplicaciones foliares con acción fungicida en el avance del mildiu en quinua variedad Pasankalla, siendo los tratamientos los siguientes: fosfito de potasio (FP), azúcar fosfatado (KO), lactobacillus (E), fermentados de sólidos solubles (A), FP+E, KO+E, FP+A, KO+A, Metalaxyl (TM) y testigo sin aplicación. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: en el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) el valor más alto lo obtuvo el testigo (442.43) y el más bajo el Metalaxyl (175.43) seguido del fosfito de potasio (199.96), en la tasa del progreso del mildiú las más bajas fueron en FP+E (0.015), fosfito de potasio (0.017) y Metalaxyl (0.017), en cuanto al número de oosporas en las semillas se obtuvo el menor valor en Metalaxyl y FP+A (3500 oosporas/kg) y el testigo presentó el mayor número de oosporas (17500 oosporas/kg), los mejores rendimientos se obtuvieron con fosfito de potasio, Metalaxyl y FP+E 4059, 3686 y 3568 kg/ha, respectivamente; esta investigación muestra que aparte del uso del Metalaxyl para controlar esta enfermedad otra buena alternativa sería el uso del fosfito de potasio ya que se mostró buenos resultados y ayudó a mejorar la sanidad del grano de quinua.

Toapanta Sánchez, (2016) manifiesta que es importante conocer la duración de las etapas fenológicas y la profundidad radical del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) para mejorar el aprovechamiento del agua y por ende la producción. En la presente investigación se evaluó la variedad Tunkahuán establecida en campo en la granja experimental docente Querochaca del cantón Cevallos. En los resultados se obtuvo la duración del ciclo de cultivo de 183 días (23 días etapa inicial, 52 días etapa de desarrollo, 55 días etapa intermedia y 53 días etapa final), con respecto a la profundidad radical con riego (2.84 cm etapa inicial, 31.64 cm etapa de desarrollo, 37.48 cm y en la etapa final 37.48 cm) y sin riego (3.88 cm en la etapa inicial, 37.32 cm en la etapa de desarrollo, 40.08 cm en la etapa intermedia y 44.40 cm en la etapa final); con respecto al rendimiento por hectárea con riego alcanzó los 4160 kg/ha y sin riego 4320 kg/ha. Concluyendo que la variedad es resistente a plagas y enfermedades y que tiene un mejor rendimiento y desarrollo en las parcelas de secano.

Leon Ttacca, (2016) manifiesta que el mildiu (*Peronospora variabilis Gaum*) es la enfermedad con mayor importancia que afecta al cultivo de quinua debido a que causa una gran reducción en su rendimiento de hasta el 99%. Es por ello que en la presente investigación se plantearon evaluar 10 cepas nativas de *Trichoderma sp* la cual posee una capacidad endofítica en el bio-control del mildiu de la quinua var. Salcedo INIA; para ello se peletizaron las semillas y se infectó el sustrato con esporas de las 10 cepas de *Trichoderma sp* aisladas de quinua (T1, T2, T3, T4, T5,) y cacao (T6, T7, T8, T9, T10), esto se realizó en el laboratorio de fitopatología de la Universidad Nacional del Altiplano en Puno (UNA)-Perú y la fase de campo se realizó en el Centro de Investigación y Producción Camacani de la UNA; en la cual se realizaron aplicaciones foliares y evaluaciones a los 30 y 60 días. En los resultados se obtuvo que todas las cepas lograron colonizar mostrando su capacidad endofita en la quinua, las cepas que presentaron el mayor porcentaje de colonización fueron T10, T3 y T2 con 60%, 56.67% y 43.33%, respectivamente; a los 60 días de evaluación los tratamientos que recibieron aplicaciones con las tres cepas fueron los que presentaron menos afectación por el mildiu y a su vez presentaron buenas características morfológicas en las plantas en comparación con el testigo, por lo que se puede concluir que el uso de microorganismos es una alternativa sostenible para el bio-control de la enfermedad del mildiu en quinua.

En el Ecuador el grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) presenta un alto contenido nutricional y es considerado un pseudocereal que forma parte importante de la alimentación humana, es por ello que tiene un alto grado de producción siendo un cultivo que ha logrado adaptarse a varios factores edafoclimáticos presentando gran tolerancia al frío. En esta investigación se evaluó la expresión génica de 4 accesiones de quinua (A1-Tunkahuan, A2-Chaucha dulce, A3-Chaucha amarga y A4-Pata de venado) bajo condiciones de estrés por frío en (T0-0 horas, T1-12 horas, T2-24 horas y T4-48 horas); en los resultados se obtuvo que la accesión A3-Chaucha amarga presentó un mayor grado de expresión de los genes DREB1, ESK1 y PSC5, dichos genes se encuentran presentes en la activación de las rutas metabólicas que ayudan a contrarrestar los efectos causados por las bajas temperaturas.

1.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTES

1.3.1 Generalidades del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*)

La quinua es una planta andina originaria en las afueras del lago Titicaca de Perú y Bolivia; se cree que su domesticación por los pueblos de América puede haberse desarrollado en los años 3 000 y 3 500 antes de Cristo. La quinua se consideraba como un alimento básico de la población y con la llegada de los españoles logro alcanzar un mejor desarrollo y con ello una vasta distribución en el territorio Inca y fuera de él (Mújica A, Jacobsen S e Izquierdo J, 2013).

1.3.2 Clasificación Taxonómica

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*)

Reino:	Vegetal
División:	Magnoliofita
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Subfamilia:	Chenopodioidee
Género:	Chenopodium

Especie: Quinoa

Nombre científico: *Chenopodium quinoa*

(Carrillo, 2021).

1.3.3 Etapas fenológicas

Montes-Rojas *et al.*, (2018) mencionan que las etapas fenológicas de la quinua están constituidas por dos etapas: Etapa vegetativa constituida por 6 fases (V0, V1, V2, V3, V4, V5) y Etapa reproductiva comprendida por 7 fases (R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12).

Etapa vegetativa:

- **Germinación de la semilla (V0)**, comienza con el apareamiento de la radícula, la cual se manifiesta a las 24 horas posterior al humedecimiento de la semilla.
- **Emergencia (V1)**, se evidencia cuando los cotiledones de la plántula son visibles sobre la superficie del suelo.
- **Aparición de hojas verdaderas (V2)**, luego de que la planta emerge con los cotiledones desarrolla la primera hoja verdadera.
- **Cuatro hojas verdaderas (V3)**, aquí se da el apareamiento de 4 hojas verdaderas, mientras todavía se aprecian y se mantienen verdes los cotiledones.
- **Seis hojas verdaderas (V4)**, se aprecian tres pares de hojas verdaderas bien abiertas, a su vez las hojas primarias se tornan amarillentas y caen.
- **Ramificación (V5)**, se pueden observar 4 pares de hojas verdaderas bien desarrolladas que presentan hojas axilares hasta el tercer nudo, comienza el apareamiento de la inflorescencia la cual todavía se encuentra protegida por las hojas.

Etapa reproductiva:

- **Inicio de formación de panoja (R6)**, esta se manifiesta cuando la panoja es visible desde el ápice de la planta y a su vez se aprecian hojas pequeñas que cubren la panoja.

- **Formación de panoja (R7)**, se observa con claridad la inflorescencia por encima de las hojas, apreciándose los glomérulos que la conforman y en ellos se aprecia los botones florales individuales.
- **Inicio de floración (R8)**, aquí se puede apreciar a la flor hermafrodita apical abrirse y mostrar sus estambres separados, también se puede observar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio presentando un color verde limón.
- **Floración (R9)**, en esta fase el 50% de las flores que conforman la inflorescencia se encuentran abiertas; la planta comienza a eliminar las hojas inferiores.
- **Grano lechoso (R10)**, cuando al ser presionados los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja expulsan un líquido lechoso.
- **Grano pastoso (R11)**, al ser presionados los frutos presentan una consistencia pastosa de coloración blanca.
- **Madurez fisiológica y madurez de cosecha (R12)**, cuando el grano alcanza un porcentaje de humedad de 14 a 16 %, la planta comienza su senescencia presentando una coloración amarillenta y por ende la caída de sus hojas.

1.3.4 Morfología de la planta de quinua

En cuanto a la morfología de la planta Allende Ciballero, (2017) manifiesta las siguientes partes:

- **Planta**, es una planta dicotiledónea, herbácea y anual; su reproducción es principalmente autógama, su crecimiento es erecto, la coloración de las plantas varía desde verde a rojo, encontrando tonos como púrpura oscuro, anaranjado, amarillento, dependiendo de su genotipo y etapa fenológica.
- **Tallo**, presenta un tallo erecto, cilíndrico hacia el cuello de la planta y en las ramificaciones de forma angulosa, es de color verde, amarillo o rojo, con estrías o sin estrías; puede presentar un solo tallo o poseer varias ramificaciones.
- **Hoja**, presenta una forma y longitud variable en la misma planta, sus hojas son alternas con láminas polimorfas y de consistencia algo suculentas.
- **Raíz**, posee un sistema radicular pivotante, fibroso y muy ramificado.

- **Flores**, la inflorescencia consiste en una panoja de longitud variable la cual presenta un eje principal del cual se originan ejes secundarios y terciarios, pueden ser compactas o laxas. La inflorescencia puede ser de 2 tipos: y glomerulada y amarantiforme, dependiendo de la inserción del glomérulo. Las flores están agrupadas en glomérulos, carecen de pétalos (flores incompletas). El glomérulo puede presentar flores perfectas (poseen un perigonio sepaloide, anteras y un ovario superior del cual emergen dos o tres estigmas) y pistiladas. Por lo general las flores perfectas se encuentran en el extremo distal del glomérulo sobresaliendo sobre las pistiladas, ubicadas en el extremo proximal.
- **Fruto**, es un aquenio que posee una única semilla, presenta forma redonda o elipsoidal de colores diferentes, dado por el perigonio que lo recubre y que se desprende fácilmente cuando está seco. El pericarpio del fruto contiene saponina, está adherido a la semilla pudiendo algunas veces fácilmente separarse. La semilla se encuentra envuelta por el episperma en forma de una membrana delgada. El embrión presenta una forma periférica y curvada por lo que es muy susceptible al daño mecánico; constituido por los cotiledones (que envuelven al perisperma como un anillo) y un eje hipocotileradícula. El perisperma (tejido de reserva) es almidonoso, de color blanco y constituye la mayor parte de la semilla.

1.3.6 Requerimientos nutricionales

El cultivo de quinua requiere 80 kg de N y 40 kg de P₂O₅ por hectárea, se pueden utilizar fertilizantes como urea o nitrato de amonio (150 a 200 kg/ha) y el 18-46-0 (100 kg/ha), con esto puede complementar la demanda nutricional. Además, puede adicionarse MO, ya sea humus de lombriz, restos vegetales y estiércol animal (Guerrero, 2015).

1.3.7 Plagas y enfermedades

Gómez, P. y Aguilar, C., (2016) manifiestan que las plagas y enfermedades de importancia en quinua son las siguientes:

Enfermedad	Agente Causal	Afección
Mildiu	<i>Peronospora variabilis</i>	Patógeno que afecta gravemente el follaje con manchas cloróticas, disminuye fotosíntesis, reduce el rendimiento y ocasiona defoliación.
Podredumbre marrón del tallo	<i>Phoma exigua var. foveata</i>	Penetra por heridas mecánicas, ocasiona daño en el tallo y panoja con puntos negros, las partes afectadas pueden quebrar o doblarse.
Podredumbre radicular	<i>Rhizoctonia solani</i>	Afección directa a la raíz ocasionando muerte de la planta.
Manchas foliares	<i>Ascochyta hyalospora</i>	Afecta las hojas, son manchas irregulares y necróticas, pueden ser transmitidas por semilla.
Ojo de gallo	<i>Cercospora sp</i>	Afecta directamente las hojas que han sufrido ataque de mildiu aparecen como manchas de tamaño reducido color marrón.
Mancha ojival del tallo	<i>Phoma spp</i>	Aparece cuando el tallo esta lignificado, al final del cultivo.
Moho verde	<i>Cladosporium sp</i>	Afecta al follaje en periodo de floración.
Mancha bacteriana	<i>Pseudomonas spp</i>	Aparece en tallo y hojas como manchas aguadas irregulares, las semillas de estas plantas ya no se utilizan.

Fuente: Gómez Pando y Aguilar Castellanos, 2016

1.3.7.1 Mildiu de la quinua

Es una enfermedad de importancia considerable en el cultivar de quinua, debido a que afecta directamente a las hojas, por lo cual el rendimiento se ve afectado en gran parte (Solveig, 2014).

1.3.7.1.1 Agente Causal

Peronospora farinosa, un oomicete, es el agente causal de la enfermedad de mildiu en quinua, siendo este biotrófico o parásito obligado. Este patógeno está constituido estructuralmente por hifas multinucleadas y sin septa, las mismas que esparcen haustorios en las hojas del hospedante, y funcionan como órganos de absorción dentro las mismas (Solveig, 2014).

1.3.7.1.2 Síntomas

La planta presenta manchas cloróticas a manera de puntos en las hojas, también se pueden visualizar gran cantidad de oosporas en el envés de la hoja. La clorosis en el follaje de la planta es el síntoma más evidente y claro de la enfermedad, la misma ocasiona defoliación en la planta, afecta el crecimiento y desarrollo, produciendo plantas enanas con hojas e inflorescencias de tamaño mínimo y forma irregular (Solveig, 2014).

1.3.7.1.3 Ciclo de la enfermedad

A los 5 o 6 días después que penetra la hifa de mildiu, se forman esporangióforos, se disciernen a través de los estomas, alcanzan su madurez y producen esporangios, estos son capaces de infectar durante todo el ciclo del cultivo (pueden germinar directamente al caer en la hoja con HR elevada de 80%), aquí se puede observar una clorosis y esporulación como síntoma primerizo de la enfermedad, finalmente necrosa la parte vegetativa afectada. El patógeno se reproduce de manera asexual formando esporangios y de manera sexual formando anteridios y oogonios, entre estos se produce fecundación y da como resultado oosporas, estas pueden permanecer vivas en estado latente dentro la semilla, rastrojo o el suelo, pueden germinar e infectar nuevamente al tener HR adecuada y hospedero susceptible (Solveig, 2014).

1.3.7.1.4 Manejo integrado de la enfermedad

El mildiu se lo maneja con control cultural que comprende en quitar malezas, siembra a distancia adecuada, rotación de cultivares, drenaje adecuado y asociación de cultivos;

uso de líneas resistentes a plagas y enfermedades, importante la selección y desinfección de semillas y así estén libres de patógenos; y control químico con la aplicación de fungicidas como: Bupirimate, Metalaxil + Mancozeb, Asoxystrobin + Difeconazole entre otros (Risco, 2014).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Estudiar la variabilidad patogénica y evaluar la resistencia a (*Peronospora variabilis*) en accesiones de *Chenopodium quinoa* del banco de germoplasma del PRONALEG en Santa Catalina - Pichincha.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar las reacciones de las líneas de quinua ante el mildiu.
- Reconocer las líneas que posean resistencia al mildiu.
- Diferenciar las características que presenten las líneas de quinua (*Chenopodium quinoa*) después de la inoculación de mildiu.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

2.1.1 Ubicación Política

Provincia: Pichincha

Cantón: Mejía

Parroquia: Cutuglagua

2.1.2 Ubicación Geográfica

Latitud: 00° 22' 00" S

Longitud: 78° 33' 00" W

2.1.3 Características Agroclimáticas

Altitud: 3 050 m.s.n.m.

Precipitación anual: 1 400 mm

Temperatura promedio anual: 11.7°C

Humedad Relativa: 83.62%

2.2 EQUIPOS Y MATERIALES

2.2.1 Equipos

Tractor

Surcadora

Bomba de mochila

Cámara fotográfica

GPS

Microscopio

2.2.2 Materiales

Material vegetal (88 líneas de quinua (*Chenopodium quinoa*))

Un lote de 500 m²

Azadón

Piola

Estacas

Cinta métrica

Fertilizantes (Urea y Complejo 12-11-18+8S)

Fungicidas e Insecticidas (Asoxystrobin e Imidacloprid)

Maceteros

Sustrato

Cajas Petri

Portaobjetos

Cinta scotch

2.2.3 Materiales de oficina

Esferos

Libreta de campo

Lápiz

Computadora

Cuaderno

2.3 FACTORES DE ESTUDIO

Periodo de incubación

Resistencia a mildiu

Índice de esporulación

2.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1 Métodos

2.4.1.1 Método experimental

Este proyecto de investigación es de índole bibliográfico y experimental; bibliográfico, debido a que se va a redactar en base a documentos, libros, artículos de carácter científico y demás información que proporciona el internet, todo ello con el fin de poder examinar y debatir resultados con la comprobación; experimental, porque se realizaron repeticiones o sets con las 88 líneas de quinua, que fueron el factor de estudio y se inocularon con mildiu para determinar variables.

Metodología, la presente evaluación de mildiu se realizó en invernadero y campo, donde se tomó en cuenta el periodo de incubación, resistencia a mildiu y el índice de esporulación; los mismos basados en escalas que facilitan la identificación de la enfermedad en la planta.

- **Periodo de incubación**

Se consideró el tiempo (días) desde la inoculación hasta la aparición del primer síntoma detectable de mildiu. A partir del tercer día de la inoculación se monitoreó el primer síntoma a las 12:00 de cada día. Si el síntoma superó el considerado síntoma inicial (clorosis apenas perceptible), se consideró que se presentó a las 12:00 pm del día anterior.

- **Resistencias a mildiu**

Se evaluó una vez que se inoculó la sepa de mildiu, esto debió permanecer por veinte y cuatro horas en cámara húmeda, luego se trasladó al cuarto de humificación por un tiempo de veinte y cuatro horas más, pasado este tiempo se trasladaron a temperatura ambiente por un tiempo de tres días, en este tiempo ya estuvo listo para su respectiva evaluación de resistencia, tomando en consideración la afectación en el primero, segundo y tercer piso de hojas con la siguiente escala de evaluación de resistencia:

0: ausencia de síntomas (inmunidad)

1: hipersensibilidad clara puntos necróticos en las hojas superiores (resistencia), en las hojas inferiores se puede presentar clorosis.

2: manchas cloróticas/ necróticas de más de 3mm solo en las hojas superiores (resistencia), en las hojas inferiores se puede presentar clorosis.

3: manchas cloróticas medianas de más de 3mm en todas las hojas (susceptibilidad).

4: manchas cloróticas apenas distinguibles en todas las hojas (susceptibilidad).

(Ochoa; Frinking & Jacobs, 1999).

• Índice de esporulación

Para esta evaluación se realizó una vez que se terminó con la evaluación de resistencia, el set de investigación fue ingresado a la cámara húmeda por un tiempo de veinte y cuatro horas, finalmente se evaluó la esporulación hoja por hoja y planta por planta con la siguiente escala:

0: ausencia

1: ligera

2: mediana

3: abundante

Una vez terminado con este proceso las plantas resistentes quedan en temperatura ambiente.

(Ochoa; Frinking & Jacobs, 1999).

2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Tabla 2. Croquis del diseño experimental bajo invernadero

INVERNADERO												
1	1 ECU-289	16 ECU-286	17 ECU-288	32 ECU-287	33 ECU-288	48 ECU-347	49 ECU-350	64 UPE3	65 UPE4	80 ECU-377	81 ECU-436	1
2	2 ECU-287	15 ECU-284	18 ECU-291	31 ECU-294	34 ECU-415	47 ECU-344	50 ECU-352	63 ECU-29	66 UPE5	79 ECU-348	82 ECU-439	2
3	3 ECU-289	14 ECU-271	19 ECU-294	30 ECU-290	35 ECU-423	46 ECU-339	51 ECU-354	62 ECU-28	67 UPE6	78 ECU-340	83 ECU-435	3
4	4 ECU-315	13 ECU-239	20 ECU-298	29 ECU-379	36 ECU-424	45 ECU-331	52 ECU-362	61 ECU-27	68 ECU-239	77 ECU-325	84 ECU-538	4
5	5 ECU-379	12 ECU-234	21 ECU-304	28 ECU-362	37 ECU-465	44 ECU-324	53 ECU-365	60 ECU-26	69 ECU-222	76 ECU-282	85 ECU-531	5
6	6 ECU-470	11 ECU-233	22 ECU-317	27 ECU-359	38 ECU-470	43 ECU-321	54 ECU-372	59 Turkahain	70 ECU-238	75 ECU-280	86 ECU-538	6
7	7 ECU-531	10 ECU-229	23 ECU-321	26 ECU-338	39 ECU-475	42 ECU-309	55 ECU-375	58 ECU-12187	71 ECU-245	74 ECU-279	87 ECU-541	7
8	8 ECU-621	9 ECU-223	24 ECU-332	25 ECU-336	40 ECU-487	41 ECU-489	56 ECU-378	57 ECU-580	72 ECU-255	73 ECU-272	88 ECU-587	8

Elaborado por: Escobar, 2022

En la tabla 2 se indica el croquis para el diseño experimental bajo invernadero, en donde se realizaron 8 sets o repeticiones con la siembra de las 88 líneas de quinua, que fueron el factor de estudio, las mismas que se sembraron con una semana de diferencia progresivamente, y a los 25 días fueron inoculadas con mildiu, luego sometidas a cámara húmeda un día, después serán sacadas y nuevamente insertadas en un cuarto de humificación por 24 horas más, seguidamente se las sacó y dejó reposar unos 3 días para valorar afectación del mildiu y finalmente se las puso nuevamente en cámara húmeda por 24 horas, para valorar la esporulación.

2.6 DISEÑO DE CAMPO

Tabla 3. Croquis del diseño experimental de campo

85	ECU-531	86	ECU-538	87	ECU-541	88	ECU-507
84	ECU-528	83	ECU-455	82	ECU-439	81	ECU-436
77	ECU-325	78	ECU-345	79	ECU-348	80	ECU-377
76	ECU-292	75	ECU-290	74	ECU-279	73	ECU-272
69	ECU-222	70	ECU-238	71	ECU-245	72	ECU-255
68	ECU-219	67	LPEQ 9	66	LPEQ 8	65	LPEQ 4
61	EQ 27	62	EQ 28	63	EQ 29	64	LPEQ 3
60	EQ 26	59	Tunkahuán	58	ECU-12187	57	ECU-580
53	ECU-565	54	ECU-572	55	ECU-575	56	ECU-578
52	ECU-562	51	ECU-554	50	ECU-552	49	ECU-550
45	ECU-531	46	ECU-539	47	ECU-544	48	ECU-547
44	ECU-524	43	ECU-521	42	ECU-509	41	ECU-499
37	ECU-465	38	ECU-470	39	ECU-475	40	ECU-497
36	ECU-424	35	ECU-423	34	ECU-415	33	ECU-398
29	ECU-379	30	ECU-393	31	ECU-394	32	ECU-397
28	ECU-362	27	ECU-359	26	ECU-338	25	ECU-336
21	ECU-304	22	ECU-317	23	ECU-321	24	ECU-332
20	ECU-298	19	ECU-294	18	ECU-291	17	ECU-288
13	ECU- 239	14	ECU-271	15	ECU-284	16	ECU-286
12	ECU- 234	11	ECU-233	10	ECU-228	9	ECU-223
5	ECU-379	6	ECU-470	7	ECU-531	8	ECU-621
4	ECU-315	3	ECU-289	2	ECU-287	1	ECU-249
4		3		2		1	
85	ECU-531	86	ECU-538	87	ECU-541	88	ECU-507
84	ECU-528	83	ECU-455	82	ECU-439	81	ECU-436
77	ECU-325	78	ECU-345	79	ECU-348	80	ECU-377
76	ECU-292	75	ECU-290	74	ECU-279	73	ECU-272
69	ECU-222	70	ECU-238	71	ECU-245	72	ECU-255
68	ECU-219	67	LPEQ 9	66	LPEQ 8	65	LPEQ 4

61	EQ 27	62	EQ 28	63	EQ 29	64	LPEQ 3
60	EQ 26	59	Tunkahuán	58	ECU-12187	57	ECU-580
53	ECU-565	54	ECU-572	55	ECU-575	56	ECU-578
52	ECU-562	51	ECU-554	50	ECU-552	49	ECU-550
45	ECU-531	46	ECU-539	47	ECU-544	48	ECU-547
44	ECU-524	43	ECU-521	42	ECU-509	41	ECU-499
37	ECU-465	38	ECU-470	39	ECU-475	40	ECU-497
36	ECU-424	35	ECU-423	34	ECU-415	33	ECU-398
29	ECU-379	30	ECU-393	31	ECU-394	32	ECU-397
28	ECU-362	27	ECU-359	26	ECU-338	25	ECU-336
21	ECU-304	22	ECU-317	23	ECU-321	24	ECU-332
20	ECU-298	19	ECU-294	18	ECU-291	17	ECU-288
13	ECU- 239	14	ECU-271	15	ECU-284	16	ECU-286
12	ECU- 234	11	ECU-233	10	ECU-228	9	ECU-223
5	ECU-379	6	ECU-470	7	ECU-531	8	ECU-621
4	ECU-315	3	ECU-289	2	ECU-287	1	ECU-249
4		3		2		1	

Elaborado por: Escobar, 2022

En la tabla 3 se indica el croquis para el diseño experimental en campo, el cual va a contener 2 parcelas, cada una de ellas será de 1m de largo para sembrar cada línea de quinua con 0.80 m de separación y va a constar con 22 filas, en cada fila se colocará la línea de quinua correspondiente para el factor de estudio.

2.7 ESPECIFICACIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Se realizaron dos parcelas con las siguientes características:

Dimensión de la parcela: 44 m * 4 m

Superficie de la parcela: 176 m²

Superficie total del ensayo: 356 m²

Número de plantas por golpe: 5

Número de plantas por parcela: 440

Número total de plantas: 880

Distancia entre plantas: 0.8 m

Distancia entre hilera: 1 m

2.8 VARIABLE RESPUESTA

2.8.1 Periodo de incubación

Se contabilizó el número de horas en que se manifestaron los primeros síntomas del mildiu.

2.8.2 Resistencia a mildiu

Se evaluó mediante una escala de 0, 1, 2, 3 y 4, donde se determinó la resistencia para líneas que tienen de 0 a 2, y susceptibilidad aquellas de 3 y 4.

2.8.3 Índice de esporulación

Se llevó a cabo con una escala de 0, 1, 2 y 3, donde el valor 0 fue ausencia total de esporulación, 1 esporulación baja, 2 mediana y 3 abundante.

2.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

2.9.1 PREPARACIÓN DE LA PARCELA

La preparación se realizó de manera mecanizada, para voltear el suelo, retirar maleza, nivelar y surcar.

2.9.2 SIEMBRA

Se colocaron cinco semillas por golpe, en la siembra de las 88 líneas de quinua, con distancia de siembra de 0.80 m entre plantas y 1 m entre hileras.

2.9.3 RIEGO

Se llevaron a cabo dos riegos por semana en invernadero y para la fase de campo se realizaron dos riegos en los primeros 15 días.

2.9.4 FERTILIZACIÓN

Después de la deshierba se realizó una aplicación de urea, junto al aporque a los 14 días de la siembra.

2.9.5 CONTROL DE MALEZAS Y APORQUE

El control de malezas se realizó de manera manual, con una azadilla, a los 4 días de la siembra, y el aporque fue de manera mecanizada con un tractor, además aquí se adicionó la urea para su respectiva fertilización.

2.9.6 CONTROL FITOSANITARIO

Se realizó una sola aplicación de insecticida (Imidacloprid 1 cc/l), debido a la presencia de áfidos (*Aphis gossypii*), los cuales estaban afectando en gran parte el desarrollo de la quinua.

2.9.7 INOCULACIÓN DE MILDIU

Tuvo lugar a los 28 días después de la siembra, la preparación de inóculo de mildiu se hizo con hojas de quinua infectadas, retirando las esporas y poniéndolas en un recipiente con agua, para después agregarlo a una bomba manual de 5 litros, con la cual se inocularon todas las plantas.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Líneas de quinua inoculadas con mildiu extraído del cantón Colta

3.1.1 Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Colta

Las 88 líneas de quinua fueron inoculadas con mildiu obtenido del cantón Colta y que posteriormente fueron evaluadas, arrojando los siguientes datos:

Según la tabla 4 se encontró que una línea fue totalmente resistente y seis resistentes, mientras que 33 susceptibles y 48 totalmente susceptibles, resultados que se grafican en la figura 1, de acuerdo con el porcentaje de resistencia alcanzado por las líneas de quinua evaluadas.

Tabla 4. Resistencia de las plantas hacia las cepas del cantón Colta

Respuesta	Líneas	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente Resistente	ECU-550	1	1.1
Resistente	ECU- 531, ECU-286, ECU-336, ECU-398, ECU-497, ECU-565	6	6.8
Susceptible	ECU-287, ECU-289, ECU-315, ECU-621, ECU-223, ECU-234, ECU-239, ECU-288, ECU-294, ECU-298, ECU-317, ECU-321, ECU-332, ECU-338, ECU-362, ECU-379, ECU-393, ECU-423, ECU-424, ECU-465, ECU-470, ECU-475, ECU-499, ECU-509, ECU-521, ECU-524, ECU-531, ECU-539, ECU-562, ECU-578, EQ 26, LPEQ 8, ECU-538	33	37.5
Totalmente susceptible	ECU-249, ECU-379, ECU-470, ECU-228, ECU-233, ECU-271, ECU-284, ECU-291, ECU-304, ECU-359, ECU-394, ECU-397, ECU-415, ECU-544, ECU-547, ECU-552, ECU-554, ECU-572, ECU-575, ECU-580, ECU-12187	48	54.5

Tunkahuán, EQ 27, EQ 28, EQ 29,
LPEQ 3, LPEQ 4, LPEQ 9, ECU-
219, ECU-222, ECU-238, ECU-245,
ECU-255, ECU-272, ECU-279,
ECU-290, ECU-292, ECU-325,
ECU-345, ECU-348, ECU-377,
ECU-436, ECU-439, ECU-455,
ECU-528, ECU-531, ECU-541,
ECU-507

Total

88

100.0

Elaborado por: Escobar, 2022

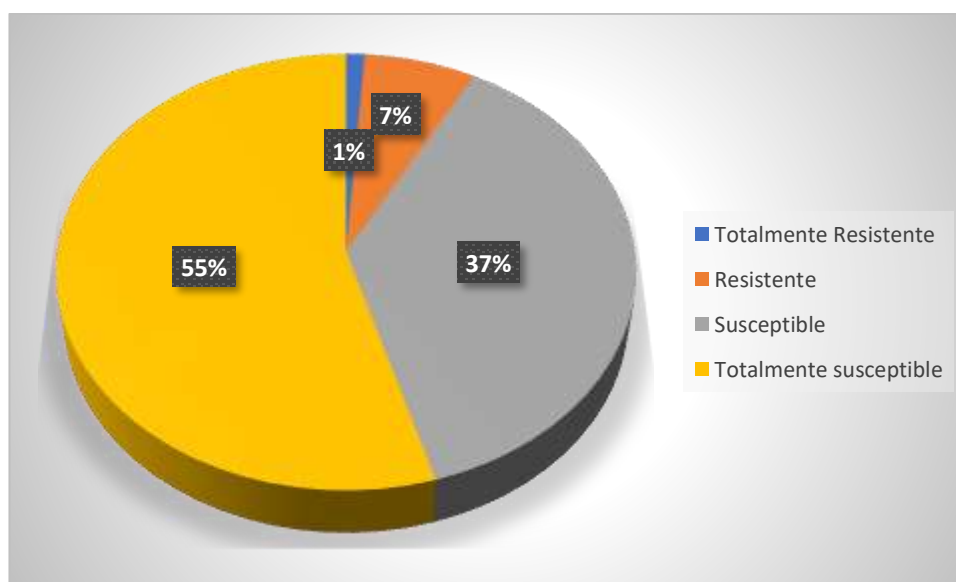


Figura 1. Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Colta

Elaborado por: Escobar, 2022

3.1.2 Esporulación de las cepas del cantón Colta en las plantas de quinua

Para esta variable la línea ECU-550 ratificó la resistencia manifestada al no presentar esporulación del hongo que se verificó al realizar una evaluación de hoja por hoja y de planta por planta, 21 líneas presentaron esporulación mediana y 66 manifestaron una abundante esporulación del agente patógeno (mildiu), resultados que se pueden observar en la tabla 6.

En la tabla 5 y figura 2, se indica la esporulación del hongo en las plantas de quinua, en donde la línea ECU-550 tuvo ausencia de esporulación, el 24% de líneas presentaron una esporulación mediana y el 75% mostraron una esporulación abundante.

Tabla 5. Esporulaci3n de las cepas del cant3n Colta en las plantas de quinua

Respuesta	L3neas	Frecuencia	Porcentaje
Ausencia	ECU-550	1	1.1
Mediana	ECU- 531, ECU-286, ECU-336, ECU-398, ECU-415, ECU-497, ECU-544, ECU-547, ECU-565, ECU-578, ECU-255, ECU-272, ECU-279, ECU-290, ECU-292, ECU-345, ECU-439, ECU-528, ECU-538, ECU-541, ECU-507	21	23.90
Abundante	ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-315, ECU-379, ECU-470, ECU-621, ECU-223, ECU-228, ECU-233, ECU-234, ECU-239, ECU-271, ECU-284, ECU-288, ECU-291, ECU-294, ECU-298, ECU-304, ECU-317, ECU-321, ECU-332, ECU-338, ECU-359, ECU-362, ECU-379, ECU-393, ECU-394, ECU-397, ECU-423, ECU-424, ECU-465, ECU-470, ECU-475, ECU-499, ECU-509, ECU-521, ECU-524, ECU-531, ECU-539, ECU-552, ECU-554, ECU-562, ECU-572, ECU-575, ECU-580, ECU-12187, Tunkahu3n, EQ 26, EQ 27, EQ 28, EQ 29, LPEQ 3, LPEQ 4, LPEQ 8, LPEQ 9, ECU-219, ECU-222, ECU-238, ECU-245, ECU-325, ECU-348, ECU-377, ECU-436, ECU-455, ECU-531	66	75.00
Total		88	100.00

Elaborado por: Escobar, 2022

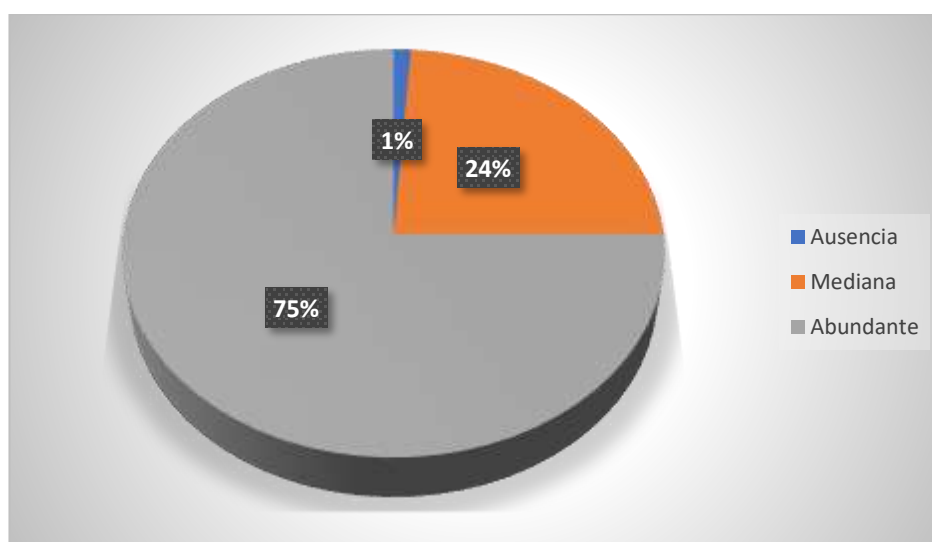


Figura 2. Esporulaci3n de las plantas de quinua hac3as las cepas del cant3n Colta

Elaborado por: Escobar, 2022

3.1.3 Periodo de incubación de las cepas del cantón Colta

En la tabla 6 y en la figura 3 se puede observar el periodo de incubación en las plantas de quinua, en donde las líneas ECU-284, ECU-424, ECU-531, ECU-238, ECU-290, ECU-345, ECU-436, ECU-528 presentaron un periodo de 24 horas correspondiendo al 9%, seguidas por ECU-249, ECU-228, ECU-291, ECU-394, ECU-255, ECU-279, ECU-348, ECU-377, ECU-439, ECU-531, ECU-538 que tuvieron un periodo de 36 horas correspondiendo al 13%, mientras que el 32% presentó signos del hongo a las 12 horas y el 34% no presentó signos.

Tabla 6. Periodo de incubación de las cepas del cantón Colta

Periodo de Incubación	Líneas	Frecuencia	Porcentaje
Ausencia	ECU-287, ECU- 531, ECU-621, ECU-223, ECU-233, ECU-234, ECU-271, ECU-286, ECU-288, ECU-294, ECU-298, ECU-317, ECU-321, ECU-332, ECU-336, ECU-338, ECU-379, ECU-397, ECU-415, ECU-423, ECU-470, ECU-497, ECU-521, ECU-550, ECU-554, ECU-562, ECU-565, ECU-572, ECU-575, ECU-578, ECU-580, ECU 12187, Tunkahuán, EQ 27, EQ 28, LPEQ 3, LPEQ 4, LPEQ 8, LPEQ 9, ECU-272, ECU-455, ECU-507	47	34
12h	ECU-289, ECU-315, ECU-379, ECU-470, ECU-239, ECU-304, ECU-359, ECU-362, ECU-393, ECU-398, ECU-465, ECU-475, ECU-499, ECU-509, ECU-524, ECU-539, ECU-544, ECU-547, ECU-552, ECU-562, EQ 26, EQ 29, ECU-219, ECU-222, ECU-245, ECU-292, ECU-325, ECU-541	28	32
24 h	ECU-284, ECU-424, ECU-531, ECU-238, ECU-290, ECU-345, ECU-436, ECU-528	8	9

36 h	ECU-249, ECU-228, ECU-291, ECU-394, ECU-255, ECU-279, ECU-348, ECU-377, ECU-439, ECU-531, ECU-538	11	13
Total		88	100

Elaborado por: Escobar, 2022

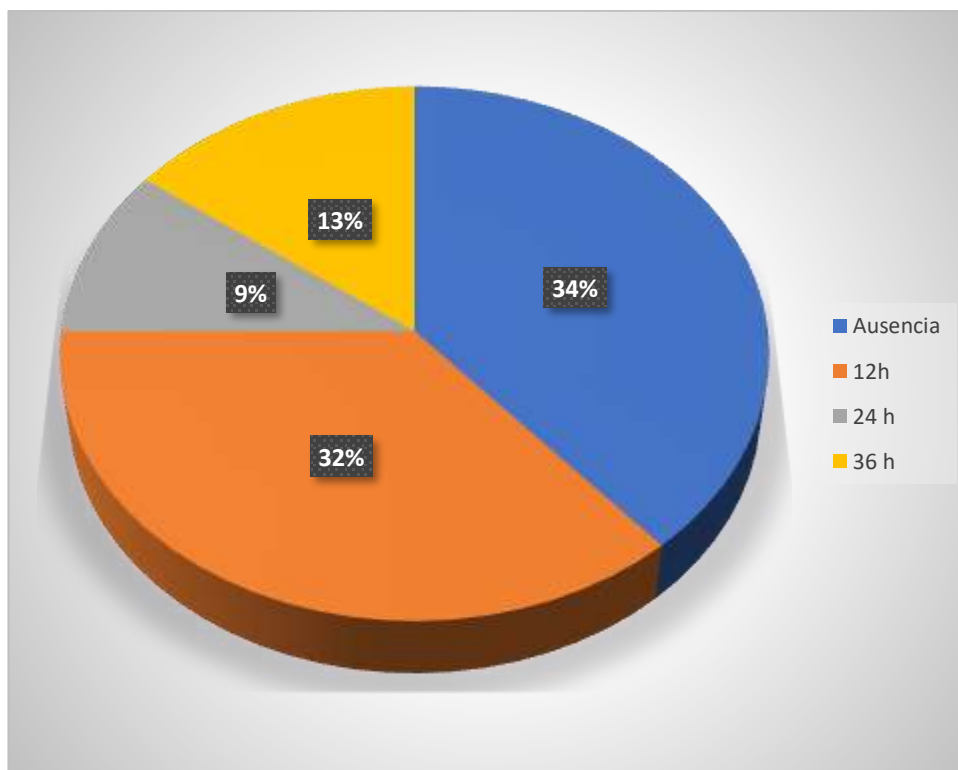


Figura 3. Periodo de incubación de las cepas del cantón Colta

Elaborado por: Escobar, 2022

3.2 Líneas de quinua inoculadas con mildiu extraída del cantón Lasso

Las 88 líneas de quinua fueron inoculadas con mildiu, las cuales fueron obtenidas de Lasso, posteriormente estas fueron evaluadas, arrojando los siguientes datos:

3.2.1 Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Lasso

En la tabla 7 y en la figura 4 se indica la resistencia de las plantas a las cepas de mildiu que fueron obtenidas en Lasso, donde la línea LPEQ 3 fue totalmente resistente al hongo representando el 1%, las líneas ECU-284, ECU-547, EQ 26, ECU528, ECU-538, ECU-541 y Tunkahuán presentaron resistencia las cuales correspondían al 7%,

mientras el 37% (33 líneas) presentaba una susceptibilidad y el 55% restante (48 líneas) presentaron una susceptibilidad total.

Tabla 7. Resistencia de las plantas hacia las cepas del cantón Lasso

Respuesta	Líneas	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente Resistente	LPEQ 3	1	1
Resistente	ECU-284, ECU-547, EQ 26, ECU-528, ECU-538, ECU-541, Tunkahuán	6	7
Susceptible	ECU-228, ECU-286, ECU-291, ECU-294, ECU-304, ECU-336, ECU-379, ECU-397, ECU-398, ECU-415, ECU-423, ECU-465, ECU-470, ECU-475, ECU-497, ECU-539, ECU-550, ECU-572, ECU-575, EQ 28, EQ 29, LPEQ 8, ECU-272, ECU-279, ECU-292, ECU-325, ECU-345, ECU-455, ECU-531, LPEQ 4, LPEQ 9, ECU-507	33	37
Totalmente susceptible	ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-315, ECU-379, ECU-470, ECU-531, ECU-621, ECU-223, ECU-233, ECU-234, ECU-239, ECU-271, ECU-288, ECU-298, ECU-317, ECU-321, ECU-332, ECU-338, ECU-359, ECU-362, ECU-393, ECU-394, ECU-424, ECU-499, ECU-509, ECU-521, ECU-524, ECU-531, ECU-544, ECU-552, ECU-554, ECU-562, ECU-565, ECU-578, ECU-580, ECU 12187, EQ 27, ECU-219, ECU-222, ECU-238, ECU-245, ECU-255, ECU-290, ECU-348, ECU-377, ECU-436, ECU-439	48	55
Total		88	100,0

Elaborado por: Escobar, 2022

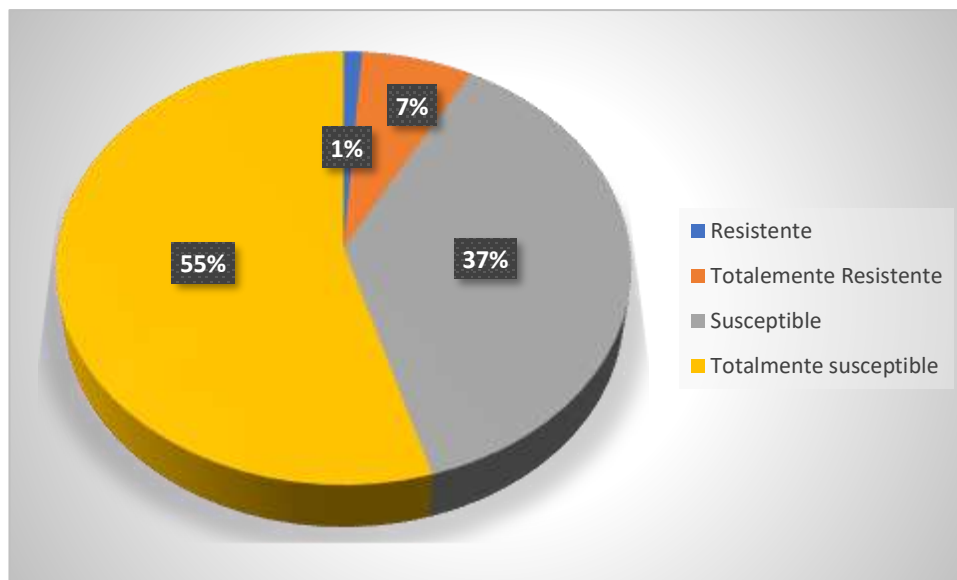


Figura 4. Resistencia de las plantas hacia las cepas del cantón Lasso

Elaborado por: Escobar, 2022

3.2.2 Esporulación de las cepas del cantón Lasso en la quinua

En la tabla 8 y en la figura 5 se puede observar la incidencia de esporulación del mildiu en las plantas de quinua, en donde, la línea ECU-507 tuvo ausencia de esporas correspondiendo al 1%, el 25% de las líneas presento una esporulación mediana y el 75% una esporulación abundante.

Tabla 8. Esporulación de las cepas del cantón Lasso en las plantas de quinua

Respuesta	Líneas	Frecuencia	Porcentaje
Ausencia	LPEQ 3	1	1
Mediana	ECU-294, ECU-304, ECU-336, ECU-379, ECU-397, ECU-398, ECU-415, ECU-470, ECU-475, ECU-539, ECU-550, Tunkahuán, LPEQ4, ECU-528, ECU-377, ECU-436, ECU-439, ECU-455, ECU-531, ECU-538, ECU-541	21	24
Abundante	ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-315, ECU-379, ECU-470, ECU-531, ECU-621, ECU-223, ECU-228, ECU-233, ECU-234, ECU-239, ECU-271, ECU-284,	66	75

<p>ECU-286, ECU-288, ECU-291, ECU-298, ECU-317, ECU-321, ECU-332, ECU-338, ECU-359, ECU-362, ECU-393, ECU-394, ECU-423, ECU-424, ECU-465, ECU-497, ECU-499, ECU-509, ECU-521, ECU-524, ECU-531, ECU-544, ECU-547, ECU-552, ECU-554, ECU-562, ECU-565, ECU-572, ECU-575, ECU-578, ECU-580, ECU2187, EQ 26 EQ 27, EQ 28, EQ 29, LPEQ 8, LPEQ 9, ECU-219, ECU-222, ECU-238, ECU-245, ECU-255, ECU-272, ECU-279, ECU-290, ECU-292, ECU-325, ECU-345, ECU-348, ECU-507</p>	88	100
Total		

Elaborado por: Escobar, 2022

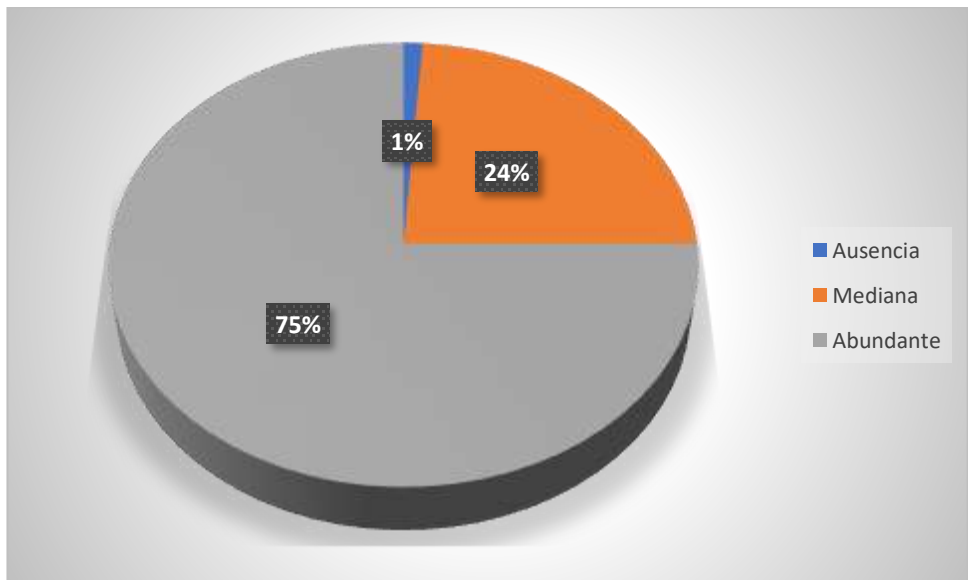


Figura 5. Esporulación de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Lasso

Elaborado por: Escobar, 2022

3.2.3 Periodo de incubación de las cepas del cantón Lasso

La tabla 9 y la figura 6 indican el periodo de inoculación de las cepas de mildiu, en donde ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-470, ECU-234, ECU-239, ECU-286, ECU-298 presentaron un periodo de 24 horas correspondiendo al 9%, seguidas por las líneas ECU-397, ECU-398, ECU-423, ECU-524, ECU-336, EQ 29, LPEQ 3, ECU-

228, ECU-284, ECU-291, ECU-255 que presentaron un periodo de incubación de 36 horas y representan el 13%, mientras que el 31% de las líneas presentaron signos a las 12 horas y 47% de las líneas no presentaron signos.

Tabla 9. Periodo de incubación de las cepas del cantón Lasso

Respuesta	Líneas	Frecuencia	Porcentaje
Ausencia	ECU-315, ECU-379, ECU- 531, ECU-621, ECU-223, ECU-233, ECU-271, ECU-288, ECU-294, ECU-304, ECU-317, ECU-321, ECU-332, ECU-338, ECU-359, ECU-362, ECU-379, ECU-393, ECU-394, ECU-415, ECU-424, ECU-465, ECU-470, ECU-475, ECU-497, ECU-499, ECU-509, ECU-521, ECU-531, ECU-544, ECU-552, ECU-554, ECU-562, ECU-565, ECU-572, ECU-580, ECU-2187, Tunkahuán, EQ 26, EQ 27, EQ 28	41	47
12 h	LPEQ 4, LPEQ 8, ECU-222, ECU-238, ECU-245, ECU-272, ECU-279, ECU-290, ECU-292, ECU-325, ECU-345, ECU-348, ECU-377, ECU-439, ECU-455, ECU-528, ECU-531, ECU-538, ECU-541, ECU-507, ECU-539, ECU-547, ECU-550, ECU-575, ECU-578, LPEQ 9, ECU-219, ECU-436	28	31
24 h	ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-470, ECU-234, ECU-239, ECU-286, ECU-298	8	9
36 h	ECU-397, ECU-398, ECU-423, ECU-524, ECU-336, EQ 29, LPEQ 3, ECU-228, ECU-284, ECU-291, ECU-255	11	13
Total		88	100

Elaborado por: Escobar, 2022

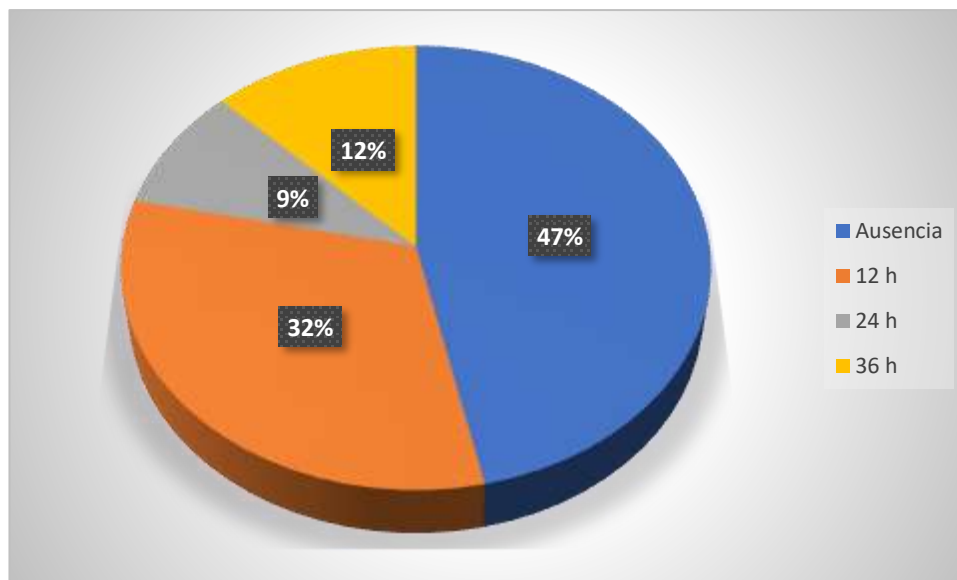


Figura 6. Periodo de incubación de las cepas del cantón Lasso

Elaborado por: Escobar, 2022

3.3 Líneas de quinua inoculadas con mildiu extraída del cantón Píllaro

Las 88 líneas de quinua fueron inoculadas con mildiu, las cuales fueron obtenidas de Píllaro, posteriormente estas fueron evaluadas, arrojando los siguientes datos:

3.3.1 Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas del cantón Píllaro

La tabla 10 y la figura 7 indican las sí las plantas al ser inoculadas con las cepas de mildiu de Píllaro presentaron resistencia, en donde las líneas Tunkahuán, LPEQ 3, LPEQ 4, LPEQ 9 y ECU-507 mostraron una resistencia total al hongo representando al 6%, el 33% de las líneas indicaron tener una resistencia al hongo, el 3% presentaron susceptibilidad y el 58% se mostraron totalmente susceptibles.

Tabla 10. Resistencia de las plantas hacia las cepas del cantón Píllaro

Respuesta	Líneas	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente Resistente	Tunkahuán, LPEQ 3, LPEQ 4, LPEQ 9, ECU-507	5	6
Resistente	ECU-228, ECU-286, ECU-291, ECU-294, ECU-304, ECU-336, ECU-379, ECU-397, ECU-398, ECU-415, ECU-423, ECU-465,	29	33

	ECU-470, ECU-475, ECU-497, ECU-539, ECU-550, ECU-572, ECU-575, EQ 28, EQ29, LPEQ 8, ECU-272, ECU-279, ECU-292, ECU-325, ECU-345, ECU-455, ECU-531		
Susceptible	ECU-284, ECU-547, EQ 26	3	3
Totalmente susceptible	ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-315, ECU-379, ECU-470, ECU- 531, ECU-621, ECU-223, ECU-233, ECU-234, ECU-239, ECU-271, ECU-288, ECU-298, ECU-317, ECU-321, ECU-332, ECU-338, ECU-359, ECU-362, ECU-393, ECU-394, ECU-424, ECU-499, ECU-509, ECU-521, ECU-524, ECU-531, ECU-544, ECU-552, ECU-554, ECU-562, ECU-565, ECU-578, ECU-580, ECU 12187, EQ27, ECU-219, ECU-222, ECU-238, ECU-245, ECU-255, ECU-290, ECU-348, ECU-377, ECU-436, ECU-439, ECU-528, ECU-538, ECU-541	51	58
Total		88	100

Elaborado por: Escobar, 2022

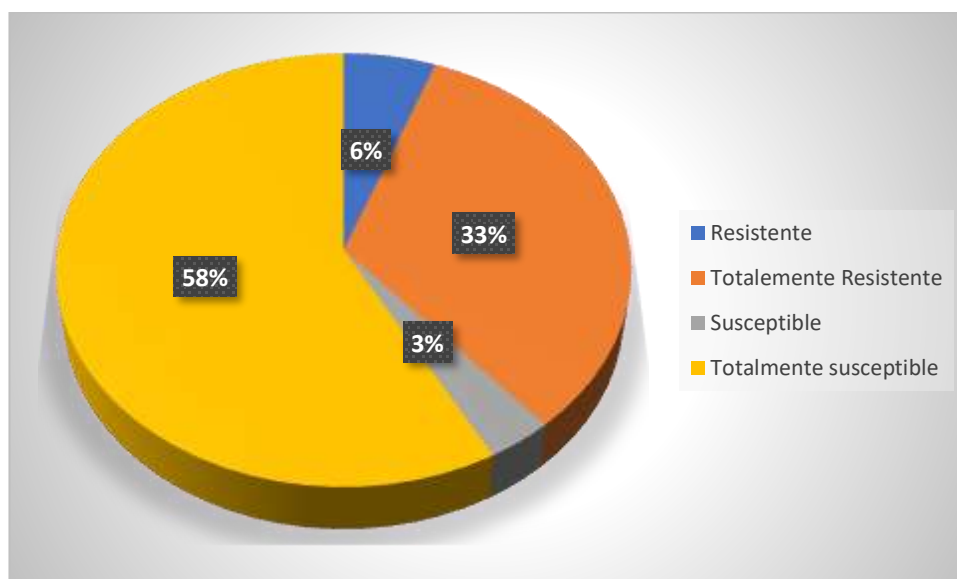


Figura 7. Resistencia de las plantas hacia las cepas del cantón Pillaro

Elaborado por: Escobar, 2022

3.3.2 Esporulaci3n de las cepas del cant3n P3llaro en la quinua

Tabla 11. Esporulaci3n de las cepas del cant3n P3llaro en la quinua

Esporulaci3n	L3nea	Frecuencia	Porcentaje
Ligera	LPEQ 3	1	1
Mediana	ECU-294, ECU-304, ECU-336, ECU-379, ECU-397, ECU-398, ECU-415, ECU-470, ECU-475, ECU-539, ECU-550, Tunkahu3n, LPEQ 4, ECU-528	14	16
Abundante	ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-315, ECU-379, ECU-470, ECU- 531, ECU-621, ECU-223, ECU-228, ECU-233, ECU-234, ECU-239, ECU-271, ECU-284, ECU-286, ECU-288, ECU-291, ECU-298, ECU-317, ECU-321, ECU-332, ECU-338, ECU-359, ECU-362, ECU-393, ECU-394, ECU-423, ECU-424, ECU-465, ECU-497, ECU-499, ECU-509, ECU-521, ECU-524, ECU-531, ECU-544, ECU-547, ECU-552, ECU-554, ECU-562, ECU-565, ECU-572, ECU-575, ECU-578, ECU-580, ECU12187, EQ 26, EQ27, EQ 28, EQ 29, LPEQ 8, LPEQ 9, ECU-219, ECU-222, ECU-238, ECU-245, ECU-255, ECU-272, ECU-279, ECU-290, ECU-292, ECU-325, ECU-345, ECU-348, ECU-377, ECU-436, ECU-439, ECU-455, ECU-531, ECU-538, ECU-541, ECU-507	73	83
Total		88	100

Elaborado por: Escobar, 2022

En la tabla 11 y la figura 8 se puede observar el 3ndice de esporulaci3n de las cepas de mildiu de P3llaro en las plantas de quinua, donde la l3nea LPEQ 3 present3 una esporulaci3n ligera correspondiendo al 1%, las l3neas ECU-294, ECU-304, ECU-336, ECU-379, ECU-397, ECU-398, ECU-415, ECU-470, ECU-475, ECU-539, ECU-550,

Tunkahuán, LPEQ 4 y ECU-528 que corresponden al 16% del total, presentaron una esporulación mediana y el 83% o 73 líneas mostraron signos abundantes.

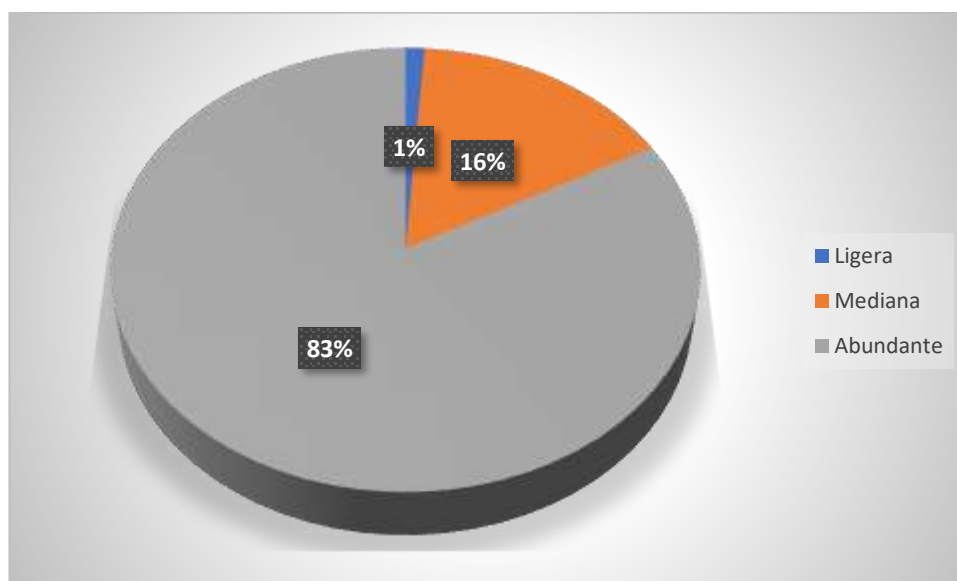


Figura 8. Esporulaci3n de las plantas de quinua hacia las cepas del cant3n Píllaro

Elaborado por: Escobar, 2022

3.3.3 Período de incubaci3n de las cepas del cant3n Píllaro

La tabla 12 y la figura 9 indican el período de incubaci3n de las cepas de mildiu obtenidas de Píllaro en las plantas de quinua, donde, las líneas ECU-336, EQ 29 y LPEQ 3 presentaron signos a las 24 horas representado al 3%, seguidas por las líneas ECU-228, ECU-284, ECU-291, ECU-255 que su período de incubaci3n fue de 36 horas correspondiendo al 5%, mientras que el 23% presentó un período de 12 horas y el 69% no presentó signos.

Tabla 12. Período de incubaci3n de las cepas del cant3n Píllaro

Período de Incubaci3n	Línea	Frecuencia	Porcentaje
Ausencia	ECU-315, ECU-379, ECU- 531, ECU-621, ECU-223, ECU-233, ECU-271, ECU-288, ECU-294, ECU-304, ECU-317, ECU-321, ECU-332, ECU-338, ECU-359, ECU-362, ECU-379, ECU-393,	61	69

	ECU-394, ECU-415, ECU-424, ECU-465, ECU-470, ECU-475, ECU-497, ECU-499, ECU-509, ECU-521, ECU-531, ECU-544, ECU-552, ECU-554, ECU-562, ECU-565, ECU-572, ECU-580, ECU12187, Tunkahuán, EQ 26, EQ 27, EQ 28, LPEQ 4, LPEQ 8, ECU-222, ECU-238, ECU-245, ECU-272, ECU-279, ECU-290, ECU-292, ECU-325, ECU-345, ECU-348, ECU-377, ECU-439, ECU-455, ECU-528, ECU-531, ECU-538, ECU-541, ECU-507		
12 h	ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-470, ECU-234, ECU-239, ECU-286, ECU-298, ECU-397, ECU-398, ECU-423, ECU-524, ECU-539, ECU-547, ECU-550, ECU-575, ECU-578, LPEQ 9, ECU-219, ECU-436	20	23
24 h	ECU-336, EQ 29, LPEQ 3	3	3
36 h	ECU-228, ECU-284, ECU-291, ECU-255	4	5
Total		88	100

Elaborado por: Escobar, 2022

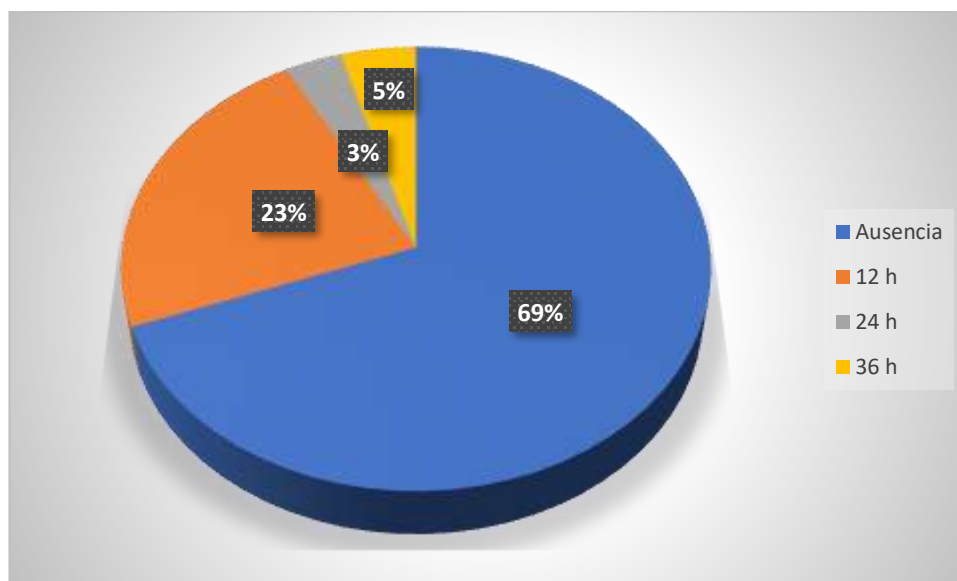


Figura 9. Periodo de incubación de las cepas del cantón Píllaro

Elaborado por: Escobar, 2022

3.4 Líneas de quinua inoculadas con cepas de mildiu extraídas de la Estación Santa Catalina, probadas en campo.

3.4.1 Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas de la Estación Santa Catalina

En la tabla 13 y la figura 10 se visualiza la resistencia de las plantas de quinua al mildiu, en donde, las líneas ECU-531, ECU-552 y ECU-531 se presentaron totalmente resistentes y representan el 3%, seguidas por las líneas ECU-544, ECU-550, ECU-565, ECU-572, EQ 28, EQ29 y LPEQ 3 que se mostraron resistentes correspondiendo al 8%, mientras que el 47% (41 líneas) indicaron susceptibilidad y el 42% o 37 líneas presentaron una susceptibilidad total.

Tabla 13. Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas de la Estación Santa Catalina

Respuesta	Líneas	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente Resistente	ECU-531, ECU-552, ECU-531	3	3
Resistente	ECU-544, ECU-550, ECU-565, ECU-572, EQ 28, EQ29, LPEQ 3	7	8
Susceptible	ECU-287, ECU-289, ECU-379, ECU- 531, ECU-621, ECU-223, ECU-271, ECU-284, ECU-288, ECU-291, ECU-294, ECU-321, ECU-332, ECU-362, ECU-379, ECU-394, ECU-398, ECU-424, ECU-470, ECU-475, ECU-497, ECU-499, ECU-521, ECU-578, ECU-580, Tunkahuán, EQ 26, LPEQ 4, LPEQ 8, LPEQ 9, ECU-238, ECU-245, ECU-290, ECU-325, ECU-345, ECU-348, ECU-377, ECU-436, ECU-439, ECU-455, ECU-507	41	47
Totalmente susceptible	ECU-249, ECU-315, ECU-470, ECU-228, ECU-233, ECU-234, ECU-239, ECU-286, ECU-298, ECU-304, ECU-317, ECU-336, ECU-338, ECU-359, ECU-393,	37	42

ECU-397, ECU-415, ECU-423, ECU-465, ECU-509, ECU-524, ECU-539, ECU-547, ECU-554, ECU-562, ECU-575, ECU-541, ECU 12187, EQ27, ECU-219, ECU-222, ECU-255, ECU-272, ECU-279, ECU-292, ECU-528, ECU-538		
Total	88	100

Elaborado por: Escobar, 2022

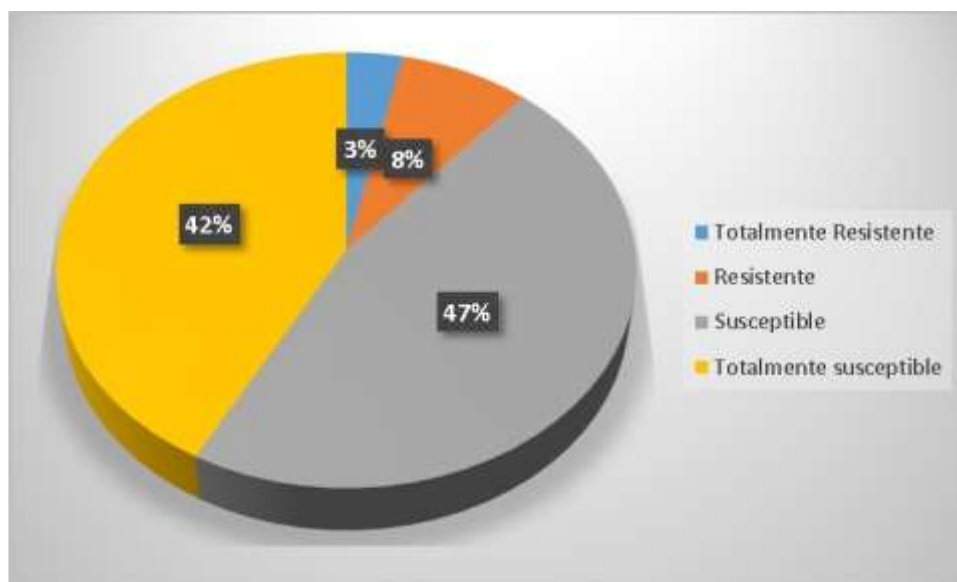


Figura 10. Resistencia de las plantas de quinua hacia las cepas de la Estación Santa Catalina

Elaborado por: Escobar, 2022

3.4.2 Esporulación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua

Tabla 14. Esporulación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua

Respuesta	Líneas	Frecuencia	Porcentaje
Ausencia	ECU-531, ECU-531, ECU-552	3	3
Mediana	ECU-499, ECU-565, EQ 28, ECU-507	4	5
Abundante	ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-315, ECU-379, ECU-470, ECU- 531, ECU-621, ECU-223, ECU-228, ECU-233, ECU-234, ECU-239, ECU-271, ECU-284,	81	92

ECU-286, ECU-288, ECU-291,
 ECU-294, ECU-298, ECU-304,
 ECU-317, ECU-321, ECU-332,
 ECU-336, ECU-338, ECU-359,
 ECU-362, ECU-379, ECU-393,
 ECU-394, ECU-397, ECU-398,
 ECU-415, ECU-423, ECU-424,
 ECU-465, ECU-470, ECU-475,
 ECU-497, ECU-509, ECU-521,
 ECU-524, ECU-539, ECU-544,
 ECU-547, ECU-550, ECU-554,
 ECU-562, ECU-572, ECU-575,
 ECU-578, ECU-541, ECU-580,
 ECU12187, Tunkahuán, EQ 26,
 EQ 27, EQ 29, LPEQ 3, LPEQ
 4, LPEQ 8, LPEQ 9, ECU-219,
 ECU-222, ECU-238, ECU-245,
 ECU-255, ECU-272, ECU-279,
 ECU-290, ECU-292, ECU-325,
 ECU-345, ECU-348, ECU-377,
 ECU-436, ECU-439, ECU-455,
 ECU-528, ECU-538

Total

88

100

Elaborado por: Escobar, 2022

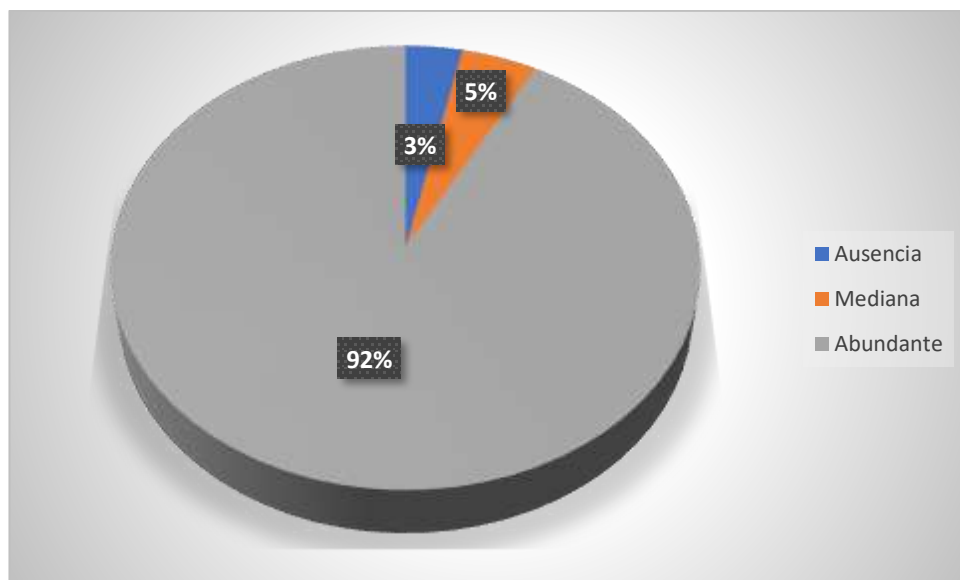


Figura 11. Esporulación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua

Elaborado por: Escobar, 2022

En la tabla 14 y la figura 11 se indica los índices de esporulación de las cepas de mildiu de Santa Catalina, donde las líneas ECU-531, ECU-531 y ECU-552 no presentaron signos correspondiendo al 3%, mientras que las líneas ECU-499, ECU-565, EQ 28 y

ECU-507 presentaron una esporulación media representando el 5% y el 92% o 81 líneas restantes mostraron una esporulación abundante.

3.4.3 Periodo de incubación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua

En la tabla 15 y en la figura 12 se puede observar el periodo de inoculación de las cepas de mildiu inoculadas en las plantas de quinua, en donde, las líneas ECU-315, ECU-470 y ECU- 531 presentaron un periodo de 36 horas las cuales representaron al 3%, seguidas por las líneas ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-379, ECU-284 y ECU-379 que fueron el 7% manifestaron signos a las 24 horas, mientras que el 16% o 14 líneas presentaron a las 12 horas y el 74% (65 líneas) no indicaron signos durante el periodo de evaluación.

Tabla 15. Periodo de incubación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua

Respuesta	Línea	Frecuencia	Porcentaje
Ausencia	LPEQ 9, ECU-219, ECU-222, ECU-238, ECU-245, ECU-255, ECU-272, ECU-279, ECU-290, ECU-292, ECU-325, ECU-345, ECU-348, ECU-377, ECU-436, ECU-439, ECU-455, ECU-528, ECU-531, ECU-538, ECU-541, ECU-507, ECU-621, ECU-223, ECU-234, ECU-239, ECU-271, ECU-288, ECU-291, ECU-304, ECU-321, ECU-332, ECU-336, ECU-338, ECU-359, ECU-362, ECU-393, ECU-397, ECU-398, ECU-415, ECU-465, ECU-470, ECU-475, ECU-497, ECU-499, ECU-509, ECU-521, ECU-524, ECU-531, ECU-539, ECU-547, ECU-550, ECU-552, ECU-562, ECU-565, ECU-572, ECU-575, ECU-578, EQ 26, EQ 27, EQ 28, EQ 29, LPEQ 3, LPEQ 4	65	74
12 h	ECU-228, ECU-233, ECU-286, ECU-294, ECU-298, ECU-317,	14	16

	ECU-394, ECU-423, ECU-424, ECU-554, ECU398, ECU-580, ECU2187, Tunkahuán,		
24 h	ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-379, ECU-284, ECU-379	6	7
36 h	ECU-315, ECU-470, ECU- 531	3	3
Total		88	100

Elaborado por: Escobar, 2022

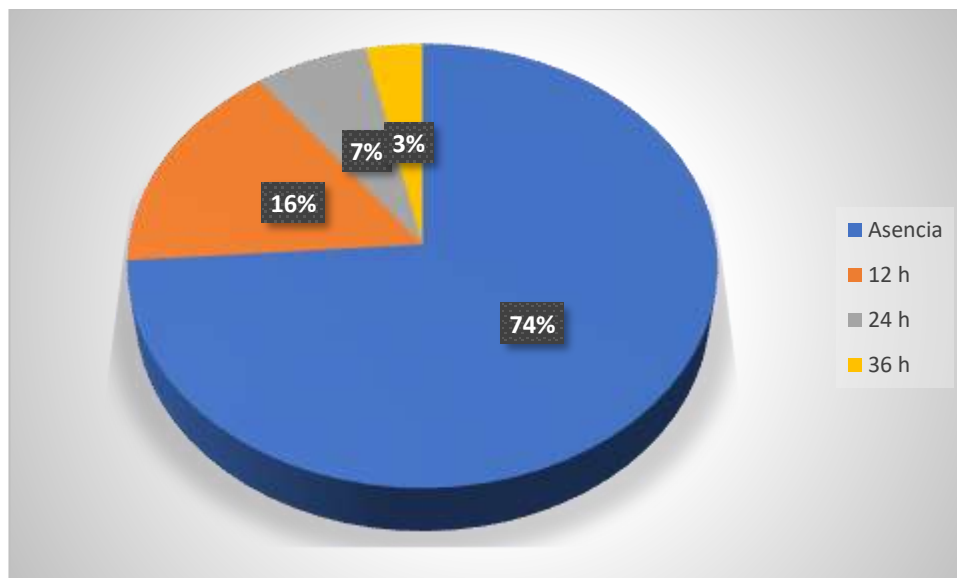


Figura 12. Periodo de incubación de las cepas de la Estación Santa Catalina en la quinua

Elaborado por: Escobar, 2022

La infección de diversos aislados de mildiu (*Peronospora variabilis*) obtenidos de los cantones de Colta, Lasso, Píllaro y de la Estación Experimental de Santa Catalina en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) afectan de manera distinta a cada una de las líneas, mostrándose así unas líneas resistentes a aislados de un cantón y susceptibles a aislados de otro, donde se obtuvo líneas totalmente resistentes: ECU-550 resistente frente al aislado del cantón Colta, LPEQ-3 para Lasso y Píllaro, Tunkahuán, LPEQ-3, LPEQ-4, LPEQ-9 Y ECU-507 para Píllaro y ECU-531, ECU-552, ECU-531 para la Estación Santa Catalina. Realizando la comparación con los datos de la investigación de Estrada, R, Bobadilla, L, Neira, E, Manotupa, M, Álvarez, A, Céspedes E, publicados en la revista AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (2022), se obtienen resultados relevantes de doce accesiones (RR.GG.41 frente aislados de Ayacucho, RR.GG.09 para Apurímac, RR.GG.16 para Apurímac y Arequipa, RR.GG.57 para Puno y Apurímac, RR.GG.26 para Ayacucho

y Apurímac, RR.GG.38 para Cusco y Arequipa, RR.GG.43 para Puno y Arequipa, RR.GG.76 para Cusco y Arequipa y la accesiones RR.GG.11, RR.GG.22, RR.GG.55, RR.GG.64 para todos los 142 aislados), con reacción positiva frente a mildiu proveniente de 142 aislados, los mismos que proceden de cinco departamentos distintos: 27 pertenecen Ayacucho, 19 de Apurímac, 48 de Cusco, 36 de Puno y 12 de Arequipa; obteniendo así una similitud en cuanto a la infección de mildiu en diversas líneas de quinua y cada uno de los aislados afecta de manera distinta a cada línea dándole así una cualidad de resistencia o susceptibilidad a la misma.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Con respecto a la evaluación de las características que presentaron las 88 líneas de quinua al ser inoculadas con cepas de mildiu obtenidas de diferentes sectores, se midió este parámetro a través del índice de esporulación, en donde la mayoría de líneas indicaban signos abundantes, de tal manera que 75% de las plantas que presentaron este tipo de esporulación pertenecía a las cepas del cantón Colta y cantón Lasso, mientras con cepas del cantón Píllaro el 83% de las plantas presentaban este tipo de esporulación y las cepas de la Estación Santa Catalina se mostraron en el 92% de las líneas.
- Para diferenciar las características que presentaban las 88 líneas de quinua (*Chenopodium quinua*) después de la inoculación de mildiu, dicha variable se evaluó a través del periodo de inoculación, obteniendo los siguientes resultados: la mayoría de líneas no presentó signos de contagio dentro del lapso de tiempo establecido para evaluar este parámetro, independientemente del sector al que pertenecía la cepa inoculada. Las líneas ECU-238, ECU-284, ECU-290, ECU-345, ECU-424, ECU-436, ECU-531 y ECU-528 que fueron inoculadas con cepas del sector de Colta indicaron signos trascurridas 24 horas, de igual manera las líneas ECU-249, ECU-287, ECU-289, ECU-470, ECU-234, ECU-239, ECU-286 y ECU-298 que se inocularon con cepas de Lasso presentaron signos a las 24 horas, mientras que las líneas ECU-228, ECU-284, ECU-291 y ECU-255 que fueron inoculadas con las cepas de Píllaro indicaron signos a las 36 horas, tiempo similar para las líneas ECU-315, ECU-470 y ECU-531 inoculadas con cepas de la Estación Santa Catalina.
- De las 88 líneas de quinua banco de germoplasma del PRONALEG que fueron sembradas bajo invernadero y posteriormente en campo, al inocularles con cepas de mildiu extraídas de diferentes zonas, se llegó a determinar las siguientes líneas

resistentes: la línea ECU-550 presentó total resistencia al hongo proveniente de Colta, la línea LPEQ 3 se mostró completamente resistente a la cepa extraída del sector de Lasso y Píllaro, mientras que las líneas Tunkahuán, LPEQ 3, LPEQ 4, LPEQ 9 y ECU-507 se manifestaron totalmente resistentes a las cepas que provenían de Píllaro y las líneas ECU-531, ECU-552 y ECU-531 presentaron resistencia a las cepas obtenidas de la Estación Santa Catalina.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere que las líneas que presentaron resistencia a las diferentes cepas de mildiu obtenidas de diferentes sectores sean probadas con mayor cantidad de repeticiones con el propósito de disminuir el margen de error.
- Al evaluar el periodo de incubación extender el tiempo hasta una semana, puesto que como se puede evidenciar en las conclusiones la mayoría de las líneas no presentan signos de manera inmediata.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, R., More-Yarleque, M. M., Rafael-Rutte, R., y Maldonado, E. (2020). Inductores de defensa en el control del mildiu (*Peronospora variabilis* Gaum.) en el cultivo de quinua: Detección, epidemiología, síntomas, características y control. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 555–563. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172020000400555&script=sci_arttext
- Allende Ciballero, M. J. (2017). Caracterización morfológica y molecular de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para estimar variabilidad genética. *Tesis*. http://catalogo.unvm.edu.ar/doc_num.php?explnum_id=1395
- Beltrán Guerrero, E. H. (2002). Evaluación del efecto del mildiu (*Peronospora farinosa* Fr.) y de la fertilización orgánica y química en el crecimiento y desarrollo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Tesis*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/42/1/iniapsctB453e.pdf>
- Calle Sillo, L., Vargas Mena, A., Bonifacio Flores, A., y Del Castillo Gutiérrez, C. (2016). *Evaluación de características comerciales en Quinua roja (Chenopodium quinoa Willd.) en K'iphak'iphani, provincia Ingavi - La Paz*. Revista. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182016000200010&script=sci_arttext
- Carrillo, C. (2021). Expresión génica de cuatro accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de estrés por arseniato. *Tesis*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32435/1/Tesis-272 IngenierÍA Agronómica - Carrillo Chagmana Carlos Stalin.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32435/1/Tesis-272%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20Carrillo%20Chagmana%20Carlos%20Stalin.pdf)
- Cumara Huaynoca, S. (2019). Efecto de las frecuencias de aplicaciónn de

tres Eco-Fungicidas para el control orgánico del Mildiu de la quinua (Peronospora farinosa). *Tesis*. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/23730/T-2718.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Daza, R., Pereyra, E., Burin, D., y Heras, A. (2015). *Quinoa Regalo Ancestral. Historia, Contexto, Tecnología, Políticas. 1*, 128. <https://www.aacademica.org/david.burin/34.pdf>.

Estrada, R., Bobadilla, L., Neira, E., Manotupa, M., Álvarez, A., Céspedes E. (2022). Evaluación morfoagronómica de 100 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) por su respuesta a mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum), rendimiento y contenido de saponina en Cusco, Perú. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 67-41. <http://ww.ucol.mx/revaia/pdf/2022/enero/4.pdf>

Gabriel, J., Luna, N., Vargas, A., Magne, J., Angulo, A., La Torre, J., y Bonifacio, A. (2012). Quinoa del valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.). *Selva Andina Research Society*, 3(2), 27–44. <https://www.redalyc.org/pdf/3613/361333626004.pdf>

Gómez Pando, L., y Aguilar Castellanos, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. <https://www.bivica.org/files/quinua-cultivo-guia.pdf>

Guerrero, M. (2015). *Respuesta a la aplicación de tres bioestimulantes en dos variedades de quinua (Chenopodium quinoa willd.) en el cantón Espejo, provincia del Carchi*. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/990/T-UTB-FACIAG-AGR-000189.pdf;jsessionid=0EB82E0C89145C93B02B37A713A6EBF5?sequence=1>

Leon Ttacca, B. (2016). Biocontrol del mildiu (*Peronospora variabilis* Gaum.) de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con cepas de *Trichoderma* sp. con capacidad endofítica. *Tesis*. <http://>

repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6601/EPG957-00957-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Montes-Rojas, C., Burbano-Catuche, G. A., Muñoz-Certuche, E. F., y Calderón-Yonda, Y. (2018). Descripción del ciclo fenológico de cuatro ecotipos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), en Purace - Cauca, Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(2), 26–37. <https://doi.org/10.18684/BSAA.V16N2.1163>
- Mújica A, Jacobsen S, Izquierdo J, M. J. (2013). *Orígenes e historia- International Year of Quinoa 2013*. FAO. https://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/origin-and-history/es/?no_mobile=1
- Ochoa, J, Frinking, H, Jacobs, T. (1999). Postulation of virulence groups and resistance factors in the quinoa/downy mildew pathosystem using material from Ecuador. *Plant Pathology*, 48, 425-430.
- Risco, A. (2014). Severidad de *Peronospora variabilis* Gäum. en *Chenopodium quinoa* Willd. ‘Pasankalla’ como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes. En *Tesis*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2350/H20-R59-T.pdf?sequence=1>
- Risco M., A., y Mattos C., L. (2015). Severidad de *Peronospora variabilis* Gäum. en *Chenopodium quinoa* Willd. ‘Pasankalla’ como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes. *Anales Científicos*, 76(2), 383. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i2.805>
- Solveig, T. (2014). El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en la zona andina. *Manual*. <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/10/AN60198.pdf>
- Tejada Campos, T. N. (2020). Nueva variedad de “quinua” *Chenopodium quinoa* Wild. (Chenopodiaceae) para la sierra norte del Perú con

características agronómicas y comerciales sobresalientes. *Arnaldoa*, 27(3), 751–768. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992020000300751&script=sci_arttext

Toapanta Sánchez, I. del P. (2016). Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), Var. Tunkahuán en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. *Tesis*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18301/1/Tesis-117 Ingeniería Agronómica -CD 372.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18301/1/Tesis-117%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20CD%20372.pdf)

ANEXOS

Anexo 1. Semillas y sustrato



Anexo 2. Siembra



Anexo 3. Riego y fertilización



Anexo 4. Identificación del patógeno



Anexo 5. Inoculación



Anexo 6. Plantas infectadas



- **Fase de Campo**

Anexo 7. Preparacion del terreno y siembra



Anexo 8. Riego, fumigación y fertilización



Anexo 9. Inoculación



Anexo 10. Evaluación



