

MANEJO FITOSANITARIO DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa W.*)

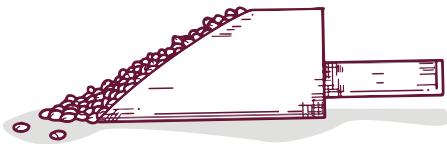
Identificación de enfermedades presentes
en el departamento de Boyacá

Javier Fernando Díaz Ovalle
Ingrid Rocío Fonseca Guerra
Mayra Eleonora Beltrán Pineda
Jeimy Lorena Valbuena Rodríguez



Vigilada Mineducación

UB Universidad de Boyacá®
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

Díaz Ovalle, Javier Fernando, autor

Manejo fitosanitario del cultivo de quinua : identificación de enfermedades presentes en el departamento de Boyacá / Javier Fernando Díaz Ovalle [y otros tres]. -- Tunja, Boyacá : Ediciones Universidad de Boyacá, [2024].

62 páginas.

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-5120-56-3 (físico) -- 978-958-5120-61-7 (digital)

1. Microorganismos fitopatógenos 2. Quinua - Cultivo - Boyacá
3. Quinua - Enfermedades y plagas - Boyacá 4. Plagas - Control biológico I. Fonseca Guerra, Ingrid Rocío, autora II. Beltrán Pineda, Mayra Eleonora, autora III. Valbuena Rodríguez, Jeimy Lorena, autora

CDD: 632.32 ed. 23

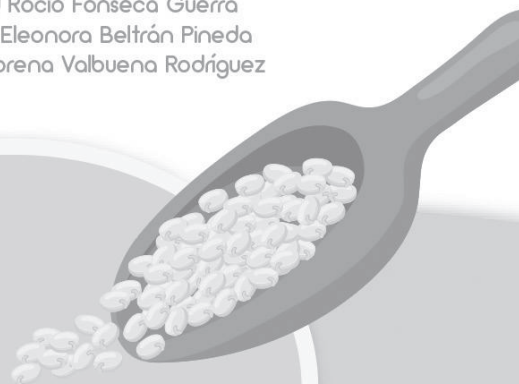
CO-BoBN- 00131

MANEJO FITOSANITARIO DEL CULTIVO DE QUINUA

(Chenopodium quinoa W.)

Identificación de enfermedades presentes
en el departamento de Boyacá

Javier Fernando Díaz Ovalle
Ingrid Rocío Fonseca Guerra
Mayra Eleonora Beltrán Pineda
Jeimy Lorena Valbuena Rodríguez



Vigilancia Manejo

UB

Universidad de Boyacá®

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Presidente

Dr. Osmar Correal Cabral

Rectora

Dra. Rosita Cuervo Payeras

Vicerrector Académico

Ing. MSc. Carlos Rafael Lara Mendoza

Vicerrectora Proyección Institucional

Dra. Ethna Yanira Romero Garzón

Vicerrectora Investigación, Ciencia e innovación

Dra. Claudia Patricia Quevedo Vargas

Vicerrector Administrativo y de Infraestructura

Dr. Camilo Correal Cuervo

Decano Facultad de Ciencias e Ingeniería

Dr. Gabriel Ricardo Cifuentes Osorio



Los autores

Javier Fernando Díaz Ovalle
Ingrid Rocío Fonseca Guerra
Mayra Eleonora Beltrán Pineda
Jeimy Lorena Valbuena Rodríguez

**Gestión editorial,
diseño y diagramación**
División de Publicaciones

Director División de Publicaciones
Ing. D.G. Mg. Johan Camilo Agudelo Solano

Diseño y diagramación
D.G. Rafael Alberto Cárdenas Estupiñan

Gestión editorial
Mg. Natalia Elizabeth Cañizalez Mesa

Corrección de texto y estilo
Lit. Mg. Diva Marcela Piamba Tulcán

© Ediciones Universidad de Boyacá

Carrera 2ª. Este N° 64-169
Tels.: 608 7452742 - 7450000 Ext. 15405
www.uniboyaca.edu.co
publicaciones@uniboyaca.edu.co

Tunja-Boyacá-Colombia

ISBN Físico: 978-958-5120-56-3
ISBN Digital: 978-958-5120-61-7

Esta edición y sus características gráficas son propiedad de la

UB Universidad de Boyacá®

Vigilada Mineducación

© 2024

Queda prohibida la reproducción parcial o total de este libro,
por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico,
especialmente fotocopia, microfilme, offset o mimeógrafo
(Ley 23 de 1982).

AGRADECIMIENTOS

A la cadena productiva de la quinua del departamento de Boyacá, a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo CIDE, y a los tesisistas de pregrado y posgrado de la Universidad de Boyacá: Johan Camilo Chiquillo, Yeina Samantha Pulido, Adriana Marcela Valero, a las docentes Martha Benavides Rozo y Claudia Liliana Buitrago por sus aportes.

GLOSARIO

Bacterias: son microorganismos unicelulares que se pueden encontrar en casi cualquier lugar y pueden ser benéficos, así como causar enfermedades.

Control: son las operaciones o procedimientos que van encaminados a reducir la incidencia de las enfermedades, buscando que estas no se conviertan en un problema fundamental de salud.

Cultivo: es una práctica milenaria que consiste en sembrar semillas en la tierra y realizar las labores culturales necesarias para obtener alimento a partir de estas.

Enfermedades infecciosas: son las causadas por microorganismos como virus, bacterias, micoplasmas, viroides y hongos resultado de una infección.

Fitopatógenos: término aplicable a un microorganismo que puede provocar enfermedades en las plantas.

Fitosanitario: hace referencia a la prevención y control de las enfermedades de las plantas, buscando establecer cultivos libres de enfermedades.

Fitotoxicidad: grado de efecto tóxico de una sustancia aplicada sobre un tejido vegetal.

Hongos: microorganismo eucariota que se alimenta de material orgánico. Se pueden encontrar normalmente en cualquier lugar. Sus células son largas y forman hifas y después micelio.

Infección: hace referencia a la presencia y multiplicación de microorganismos patógenos en tejidos u órganos de un hospedero.

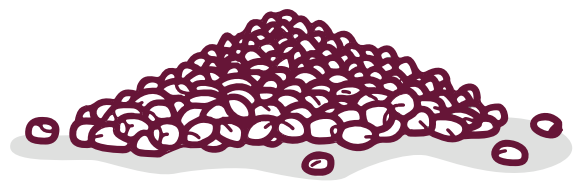
Micotoxinas: sustancias tóxicas producidas por varios hongos en semillas o alimentos infectados. Son capaces de causar enfermedades y la muerte a animales y humanos que consumen tales sustancias.

Pseudocereales: son alimentos que presentan características nutricionales muy parecidas a los cereales, aunque presentan hoja ancha. Son ricos en carbohidratos, proteínas de origen vegetal, fibra, vitaminas y minerales, y aportan una alta cantidad de aminoácidos esenciales para nuestro cuerpo.

Plaga: es una población de individuos que se alimenta de plantas y que disminuye o limita la producción del cultivo, por lo que se reduce el valor de la cosecha e incrementa sus costos de producción.

Quinua: es un grano alimenticio originario de los andes peruanos y de la región andina de América del Sur, con un alto contenido nutricional.

PRESENTACIÓN



La agricultura, la ganadería y la pesca, representan el tercer renglón económico más importante del Producto Interno Bruto de Boyacá (MinCIT, 2023). Este sector es jalonado por una amplia variedad de cultivos, tanto permanentes como transitorios. Específicamente, la quinua es uno de los alimentos con mayor potencial de producción en el departamento, dada la visibilidad que ha venido adquiriendo en las últimas décadas como estrategia de seguridad alimentaria.

La erradicación del hambre representa una de las apuestas más notables de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Con la estrategia “Hambre cero”, la ONU se ha propuesto combatir el hambre no sólo en el sentido tácito de la disponibilidad de alimentos por parte de la población, sino también en lo que concierne a una provisión adecuada y sostenible mediante sistemas de producción que así lo garanticen. Por su valor nutricional, la quinua se reconoce hoy como un superalimento capaz de contribuir significativamente a la seguridad alimentaria y por tanto, a la eliminación del hambre.

En Boyacá, la quinua se proyecta como un cultivo promisorio, dada las condiciones de cultivo y sus antecedentes en el departamento. No obstante, son aún escasas las aproximaciones de la literatura a la identificación de los factores, enfermedades y formas de manejo que pueden llevarse a cabo en los sistemas de producción, tanto menos orientadas a apoyar las familias productoras. Atendiendo a ello, la primera versión de esta Guía tiene como propósito brindar a las comunidades campesinas una herramienta ágil, práctica y rigurosa para comprender las dificultades que puede enfrentar sus cultivos, qué factores pueden detonarlas y especialmente, qué prácticas pueden incorporar en sus actividades de cuidado diarias.

La información recogida en las páginas posteriores, constituye no sólo una pauta de trabajo y de organización de los sistemas de producción familiares dedicados a la quinua. Estos hallazgos representan también un marco de referencia para la toma de decisiones por parte de las entidades territoriales encargadas de la promoción del cultivo, los gestores de proyectos y los diferentes profesionales involucrados en los servicios de asistencia técnica.

La Universidad de Boyacá se complace en presentar esta cartilla orientadora, producto del Proyecto de investigación “Fortalecimiento del cultivo de la quinua a partir del conocimiento de la diversidad genética, la sanidad del cultivo y la inocuidad de los agroalimentos derivados de su producción”, financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Con el desarrollo de estas iniciativas y el logro de resultados como el que aquí se expone, nuestra Institución reafirma su compromiso social con el desarrollo económico del departamento y el progreso de las comunidades campesinas de la región. Se extiende un saludo de reconocimiento a los autores y al lector, la invitación a conocer un poco más acerca de este ‘pseudocereal’, sobre el cual recae parte de la esperanza por un planeta sin hambre.

ANDRÉS CORREAL CUERVO
RECTOR



01

Introducción 12

CULTIVO DE LA QUINUA 16

**MICROORGANISMOS EN EL
CULTIVO DE QUINUA20**

Microorganismos Rizosféricos24

Microorganismos Endófitos25

Microorganismos Benéficos26

Microorganismos Perjudiciales27

02

**PRINCIPALES AGENTES FITOPATÓGENOS
EN EL CULTIVO DE QUINUA 28**

**Enfermedades de Origen Fúngico
en el Cultivo de Quinua 30**

Chupadera Fungosa o Marchites Por *Fusarium* Sp.30

Mancha De La Hoja (*Alternaria* Sp.)..... 31

Moho Verde (*Cladosporium* Sp.)32

Mancha De Tallo (*Phoma* Sp.).....34

Mancha De Hoja o Moho Negro (*Stemphylium* Sp.).....35

Mildiu De La Quinua (*Peronospora* Sp.).....36

**Enfermedades de Origen Bacteriano
en el Cultivo de Quinua 38**

Mancha bacteriana o bacteriosis (*Pseudomonas* sp.)38

03

04

FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL ESTABLECIMIENTO DE LOS CULTIVOS DE QUINUA 40

05

MÉTODOS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN LAS PLANTAS DE QUINUA 44

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA CONTROL DE ENFERMEDADES EN LA QUINUA 46

06

ACCIONES PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS 52

ROTACIÓN DE CULTIVOS.....54

DISTANCIAMIENTO Y PROFUNDIDAD DE SIEMBRA.....55

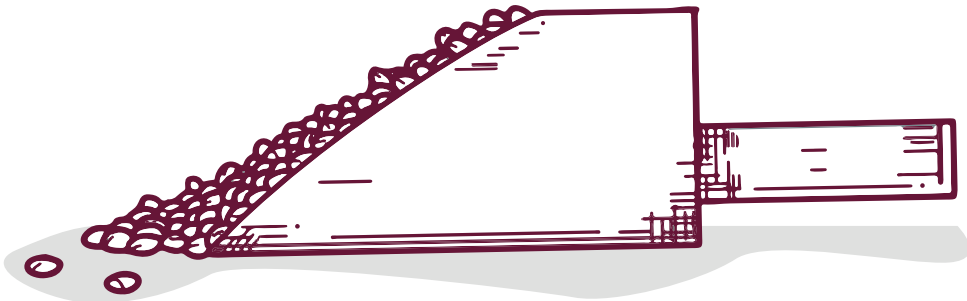
USO DE SEMILLAS SANAS Y DESINFECCIÓN DE SEMILLAS56

CONTROL DE MALEZAS 56

Referencias 58



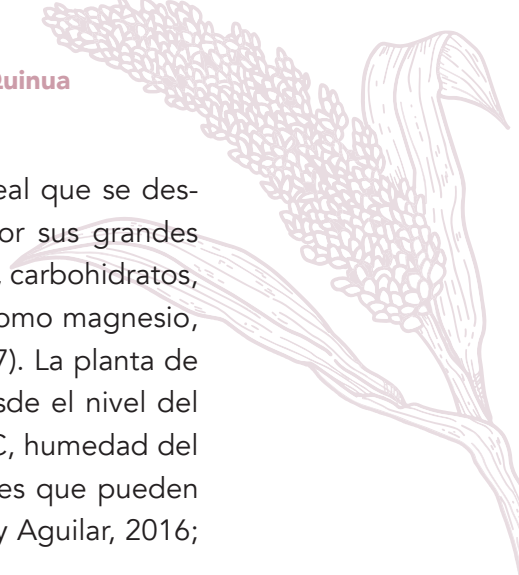
INTRODUCCIÓN



La quinua (*Chenopodium quinoa* W.) es un pseudocereal que se destaca en los mercados nacionales e internacionales por sus grandes propiedades nutricionales. Posee alto contenido de proteínas, carbohidratos, lípidos, minerales, vitaminas e importantes micronutrientes como magnesio, cobre y zinc (Rojas et al, 2011; Vilcacundo y Hernández, 2017). La planta de quinua se cultiva en diferentes condiciones ambientales, desde el nivel del mar hasta los 4.000 m s. n. m, a temperaturas de 5 °C a 25 °C, humedad del 40 al 80 % y precipitaciones de 250 a 1.000 mm, condiciones que pueden llegar a ser extremas para otros cultivos (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Soto, 2015).

Debido a estas cualidades, la quinua representa una solución para la seguridad alimentaria, pues es considerada un cultivo alternativo para los países que tienen limitaciones en la producción de alimentos. Por esto, la quinua es un alimento clave en la lucha contra la hambruna mundial, la desnutrición y la pobreza (Rojas et al, 2011; Gómez y Aguilar, 2016; Soto, 2015).

Los cultivos de quinua se encuentran principalmente en países de Latinoamérica como Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina, Chile y Colombia, aunque la mayor diversidad de plantas se encuentra en el área de Perú y Bolivia, que son los países donde se reportó por primera vez el cultivo (Rojas et al, 2011; López et al, 2012). En la actualidad, en Colombia la quinua se cultiva principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Cauca y Nariño (FAO, 2014); en el departamento de Boyacá los municipios con mayor producción son Cucaita, Duitama, Tibasosa, Siachoque, Tunja, Soracá, Oicatá, Cerinza y Pachavita (Montoya et al, 2005; Bernal et al, 2015; Garcia-Parra, 2018).



La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que la producción de este alimento en la región andina es cercana a las 195.000 toneladas por año, y que los mayores productores de quinua son Bolivia, Perú y Ecuador, países que concentran el 90 % de la producción global. Colombia cultiva principalmente las variedades Blanca de Jerico y Tunkahuan, con rendimientos anuales que oscilan entre 1 y 2 toneladas por hectárea (García-Parra, 2018)

Pese a la adaptación, las cualidades y la alta resistencia a factores ambientales del cultivo de quinua, este puede verse afectado por fitopatógenos que pueden limitar la producción, ya que disminuyen el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo. Son pocos los estudios realizados al respecto y para Boyacá a la fecha no se tienen reportes sobre las enfermedades que afectan los cultivos de quinua en el departamento (Cruces *et al*, 2016; Danielsen *et al*, 2003).

Los cultivos de quinua son una fuente importante de microorganismos: algunos pueden ser benéficos y contribuir al desarrollo de la planta y otros pueden llegar a ser perjudiciales y afectar su desarrollo e incluso causar la muerte de la planta (Danielsen *et al*, 2003). La aparición de enfermedades en este cultivo se da principalmente por la presencia de hongos, aunque existen algunos reportes de bacterias patógenas. Los microorganismos pueden atacar a las plantas de diferentes formas y causar grandes pérdidas de los sembradíos, al disminuir el crecimiento, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo (Danielsen *et al*, 2003; Colque-Little *et al*, 2021).

Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinua

Este documento es producto de los estudios realizados por la Universidad de Boyacá en cultivos de quinua establecidos en el mismo departamento en el marco del proyecto “Fortalecimiento del cultivo de la quinua a partir del conocimiento de la diversidad genética, la sanidad del cultivo y la inocuidad de los agroalimentos derivados de su producción”, financiado por Minciencias. Aquí se abordan de una manera general los tipos de microorganismos presentes, las principales enfermedades identificadas en los cultivos de la región, los factores que influyen en el cultivo y algunas prácticas y métodos de control de estas enfermedades mediante procedimientos amigables con el medio ambiente. Además, se plasman algunos consejos encaminados a fortalecer el cultivo de quinua en el departamento y se proporciona a los quinuocultores información clave acerca de algunas prácticas agrícolas para el manejo fitosanitario de este importante rubro.

Este libro de divulgación científica pretende socializar a la comunidad campesina los avances alcanzados en esta investigación, utilizando un lenguaje sencillo y comprensible para todos los lectores. De esta forma, se espera que los resultados alcanzados respecto a los primeros reportes sobre el estado fitosanitario del cultivo de la quinua en el departamento de Boyacá sean de conocimiento y uso de los quinuocultores, con miras a establecer medidas de prevención, control y mejoramiento de sus cultivos, y por ende de la productividad.



The background of the entire page is a repeating pattern of a quinoa crop cycle diagram. The diagram shows various stages of the quinoa plant: a seedling in a pot, a young plant with leaves, a mature plant with a large seed head, and a harvested seed head. The pattern is light purple and covers the entire background.

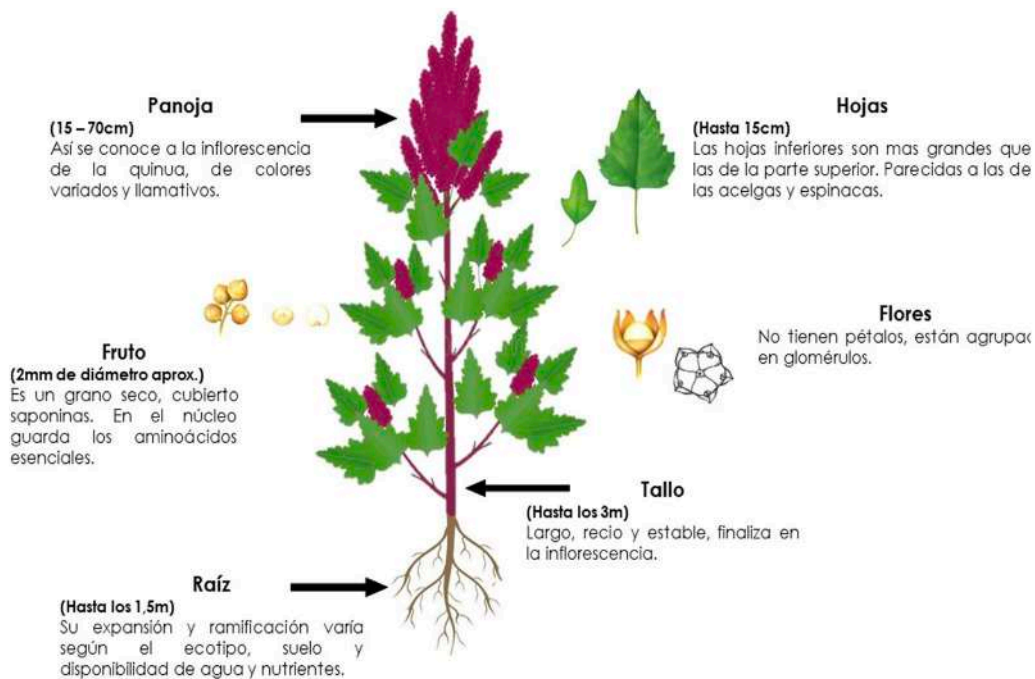
CULTIVO DE LA QUINUA



Planta de quinua

La quinua es un cultivo ancestral que data de hace más de siete mil años. Está presente en la región andina de Suramérica y se caracteriza por su gran valor nutritivo y su adaptación a diferentes pisos térmicos y tipos de suelos (Díaz, 2019; Vilca et al, 2013).

Figura 1. La planta de quinua. Fuente: <https://cutt.ly/rL3tXwl>, modificada por autor(es).



Características de la planta de quinua

Las plantas de quinua tienen características distintivas como el color y la altura de la planta, que dependen del genotipo usado. La planta está compuesta

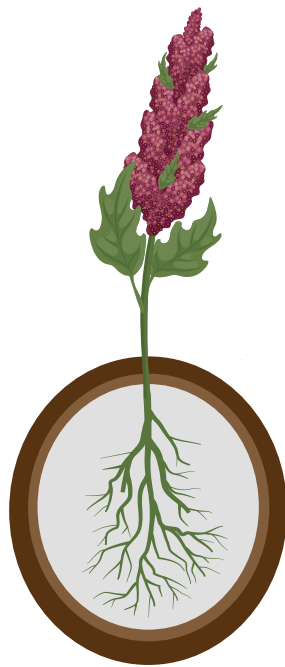
por la raíz, el tallo, las hojas, las inflorescencias llamadas panojas —que pueden ser glomeruladas o amarantiformes—, las flores sin pétalos, los frutos secos tipo aquenio y las semillas —que pueden ser lenticulares, cilíndricas, elipsoidales o cónicas, con bordes lisos, sinuosos u ondulados— (Manjarrés *et al*, 2020) (Figura 1) (Gómez y Aguilar, 2016; Calla, 2012).

La raíz es profunda y ramificada, y puede medir de 0,8 a 1,5 metros. El tallo es cilíndrico en la porción inicial y anguloso desde el comienzo del crecimiento de las hojas y ramas; puede tener una coloración desde verde hasta púrpura. Su altura varía de 0,5 a 3 metros y de 1 a 8 cm de diámetro. Las plantas también se pueden diferenciar en relación con el tipo de hábito de ramificación (Gómez y Aguilar, 2016; Calla, 2012).

Las hojas tienen diferentes colores, tamaños, formas y bordes, dependiendo del tipo de planta de quinua o su posición, aunque son más grandes en el follaje y pequeñas en la inflorescencia. Esta última está compuesta por panojas o grupos de flores agrupadas en tres ejes, la cual se encuentra en la parte superior de la planta o en las ramas, y tiene un tamaño de entre 15 a 70 cm (Gómez y Aguilar, 2016; Calla, 2012).

Las flores son pequeñas con un tamaño de 3 mm. Estas se agrupan en glomérulos y, a su vez, forman la inflorescencia. La forma como se agrupan determina el número de gránulos o frutos. Al fruto se le denomina aquenio y tiene forma cilíndrica, el cual envuelve a una única semilla y se desprende con facilidad en la madurez. Las semillas pueden tener diferentes coloraciones y un tamaño alrededor de 3 mm (Gómez y Aguilar, 2016; Calla, 2012).

A pesar de que las semillas o el grano son las partes de la planta más utilizadas para el consumo, las hojas pueden ser utilizadas para la producción de harina, colorantes o para el consumo directo, y el tallo para la obtención de alimentos concentrados para animales y pulpa de celulosa (Montoya *et al*, 2005).



MICROORGANISMOS EN EL CULTIVO DE QUINUA



Es común que en cultivos o zonas con crecimiento simultáneo de plantas y vegetación se presente el crecimiento de bacterias y hongos (Ortuño et al, 2014).

Dentro de estos microorganismos encontramos un grupo denominado endófito, que vive dentro de las plantas y tiene una estrecha relación con ellas al ejercer un efecto benéfico. De igual forma, se encuentran los microorganismos rizosféricos, los cuales viven y crecen cerca de la raíz, región a la que se denomina rizósfera (Ortuño et al, 2014; Paco-Pérez y Guzmán-Vega, 2019). Estos microorganismos tienen un papel fundamental en el mantenimiento del suelo, mediante el aporte de material orgánico y nutrientes que mejoran las características físicas, químicas y microbiológicas, y aportan a la fertilidad de los suelos y a la nutrición de las plantas (Paco-Pérez y Guzmán-Vega, 2019).

Otras de las cualidades de estos microorganismos es la capacidad de beneficiar a la planta directamente, como en el caso de los denominados promotores del crecimiento que, mediante la producción de fitohormonas, sideróforos y antibióticos, generan resistencia a patógenos gracias a la solubilización de fosfatos y la fijación de nitrógeno (León-Fajardo et al, 2019).

Microorganismos en el Cultivo de Quinua

Existe una gran diversidad de microorganismos reportados como benéficos para el cultivo de quinua. Dentro de las bacterias se destaca el género *Bacillus* sp. y dentro de los hongos el género *Trichoderma* sp.

Además de la presencia de microorganismos benéficos, también se pueden encontrar aquellos que son perjudiciales para las plantas. Estos microorganismos pueden provocar diferentes enfermedades en las plantas y generar efectos sobre la producción de los cultivos (Danielsen et al, 2003). De ellos se destaca la presencia de la bacteria *Pseudomonas* sp. y varios géneros fúngicos como agentes fitopatógenos (Tabla 2).

Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinua

Tabla 1. Microorganismos benéficos del cultivo de quinua.

Bacterias (Ortuño et al, 2014;
Castillo et al, 2013)

- *Bacillus amyloliquefaciens*
- *Bacillus tequilensis*
- *Bacillus subtilis*
- *Bacillus pumilus*
- *Bacillus licheniformis*
- *Bacillus horikoshii*
- *Bacillus atrophaeus*
- *Bacillus thuringiensis*
- *Bacillus aryabhatai*
- *Bacillus megaterium*,
- *Pseudomonas* sp.
- *Paenibacillus bacterium*
- *Paenibacillus odorifer*
- *Paenibacillus* sp.

Hongos (Castillo et al, 2013)

- *Trichoderma harzianum*
- *Trichoderma asperellum*
- *Trichoderma koningiopsis*
- *Beauveria bassiana*
- *Beauveria brogniartii*
- *Metarhizium* sp.

Tabla 2. Microorganismos fitopatógenos del cultivo de quinua.

Bacterias (Cruces et al, 2016;
Fonseca-Guerra et al, 2021)

- *Pseudomonas* sp.

Hongos (Cruces et al, 2016;
Danielsen et al, 2003)

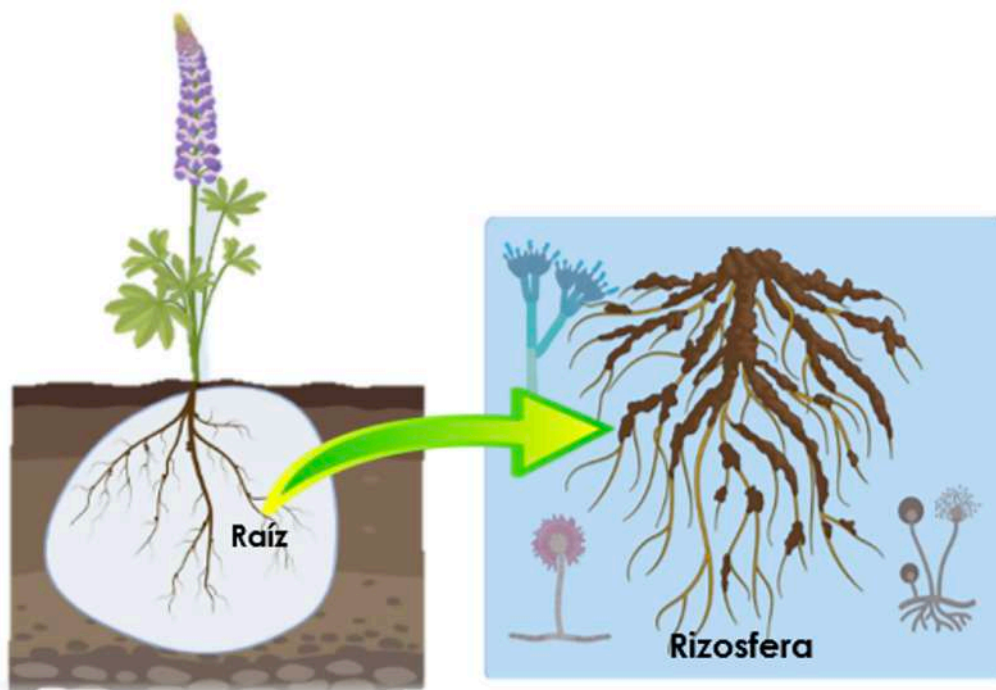
- *Peronospora variabilis*
- *Ascochyta hyalospora*
- *Phoma exigua*
- *Rhizoctonia solani*
- *Fusarium* spp.
- *Sclerotium rolfsii*
- *Pythium* sp.
- *Cladosporium* sp.
- *Cercospora* sp.
- *Passalora dubia*

MICROORGANISMOS RIZOSFÉRICOS

El término rizósfera hace referencia a la zona de la raíz que está bajo la influencia de la actividad microbiana (Figura 2). Estos microorganismos ayudan al crecimiento y nutrición de las plantas, mejoran la producción y previenen pérdidas por muerte o plagas en los cultivos (Paco-Pérez y Guzmán-Vega, 2019).

Figura 2. La rizósfera. Fuente: Autor(es)

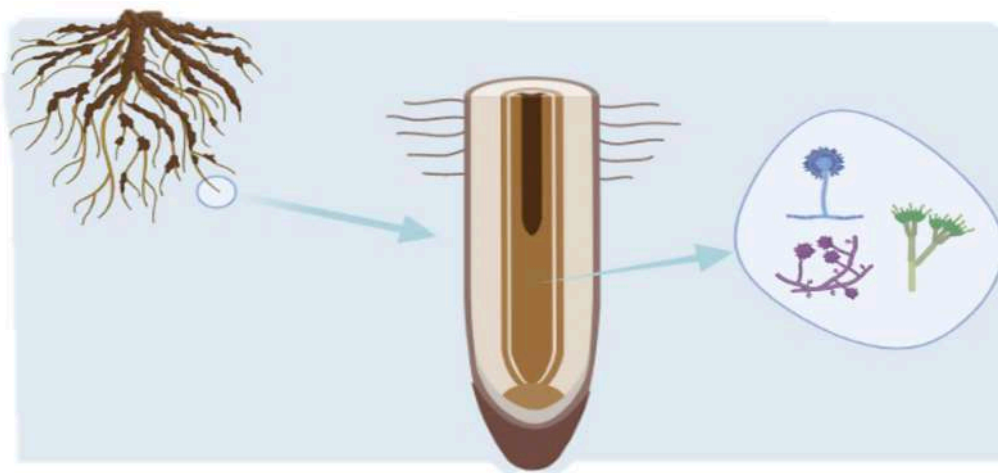
Microorganismos
en el Cultivo
de Quinua



MICROORGANISMOS ENDÓFITOS

Son microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetos) que viven dentro de los tejidos internos de las plantas (Figura 3), como en el tallo, hojas, flores, frutos y principalmente en las raíces. Estos intercambian nutrientes y estimulan el crecimiento vegetal, e incluso promueven mecanismos de defensa contra fitopatógenos (Ortuño *et al*, 2014; León-Fajardo *et al*, 2019).

Figura 3. Microorganismos endófitos de la raíz. Fuente: Autor(es)



Son varios los géneros de hongos rizosféricos y endófitos asociados a las raíces de quinua muestreadas en el departamento de Boyacá. Se destacan los géneros *Penicillium* sp., *Mucor* sp. y *Trichoderma* sp. con acción benéfica sobre la planta, y los géneros *Fusarium* sp. y *Alternaria* sp. con acción perjudicial (Tabla 3).

Tabla 3. Hongos endófitos y rizosféricos asociados a la raíz de quinua.

	Benéficos	Perjudiciales
Hongos Endófitos	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Penicillium</i> sp. - <i>Mucor</i> sp. - <i>Aspergillus</i> sp. - <i>Trichoderma asperellum</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Fusarium</i> sp., <i>F. oxysporum</i>, <i>F. equiseti</i>, <i>F. graminearum</i> y <i>F. cerealis</i> - <i>Alternaria</i> sp. y <i>A. alternata</i>
Hongos Rizosféricos	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Penicillium</i> sp. - <i>Mucor</i> sp. - <i>Aspergillus</i> sp. - <i>Absidia</i> sp. - <i>Rhizopus</i> sp. - <i>Trichoderma asperellum</i> - <i>Chaetomium</i> sp. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Fusarium</i> sp., <i>F. oxysporum</i> y <i>F. equiseti</i>

Fuente: Autor(es)

MICROORGANISMOS BENÉFICOS

Los microorganismos pueden generar diferentes mecanismos que influyen positivamente en el desarrollo y crecimiento de las plantas, por ejemplo:

- Permiten un mejor crecimiento de las plantas, debido a que aumentan la disponibilidad de nutrientes y su movilización (León-Fajardo *et al*, 2019).
- Ayudan a descomponer el material orgánico, gracias a la producción de diferentes enzimas celulasas, proteasas, amilasas y lipasas (Ahamed & Vermette 2008, Narendra D. 2012, Castro *et al*. 1993, Sirisha *et al*, 2010).

Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinua

- Ayudan en el control de enfermedades de origen fúngico y bacteriano, al activar varias respuestas a nivel bioquímico, fisiológico y morfológico de la planta e inducir su resistencia (Ortuño et al, 2014; León-Fajardo et al, 2019).
- Remedian la estructura del suelo, pues mejoran su agregación y estabilidad, parámetros claves en los procesos de restauración de los suelos degradados.

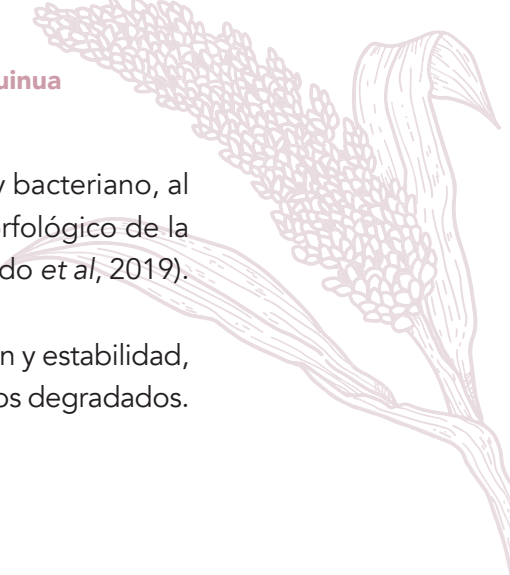
MICROORGANISMOS PERJUDICIALES

Los microorganismos perjudiciales son aquellos que pueden:

- Disminuir el rendimiento, la rentabilidad y generar pérdidas en los cultivos.
- Limitar el desarrollo y el crecimiento de las plantas mediante la destrucción del tejido y la reducción de la fotosíntesis (Danielsen et al, 2003).
- Generar susceptibilidad al ataque de otros patógenos.
- Provocar enfermedades en las plantas.

Estos se pueden transmitir por diferentes medios: a través de las semillas, el aire, gotas de agua, material vegetal, entre otros (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016).

En cultivos de quinua en el departamento de Boyacá se han encontrado algunos hongos causantes de enfermedades como *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Phoma* sp., *Colletotricum* sp., *Stemphylium* sp., *Phytophthora* sp. y *Peronospora* sp.





PRINCIPALES AGENTES FITOPATÓGENOS EN EL CULTIVO DE QUINUA



Las enfermedades en los cultivos de quinua son variadas y provocadas por diferentes hongos y bacterias; en los cultivos de quinua del departamento de Boyacá se encontraron:

ENFERMEDADES DE ORIGEN FÚNGICO EN EL CULTIVO DE QUINUA

Chupadera fungosa o marchitez por *Fusarium* sp.

Esta infección afecta principalmente la raíz, las plántulas y en menor grado las hojas de la quinua. Se presenta especialmente en las siembras bajo sistema de riego, debido a que la alta humedad del terreno incrementa la aparición de la enfermedad (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Acuña, 2008; Cruces et al, 2016; Danielsen et al, 2003).

Transmisión

Por suelos contaminados

Síntomas

Se presenta estrangulamiento del tallo en la parte cercana al suelo, lo que impide el flujo de agua y de nutrientes y la posterior caída de la plántula. Además, genera marchitez y pudrición de la raíz y color amarillo en las hojas (Figura 4).

Control:

- Usar semillas sanas o desinfectadas.
- Evitar la humedad excesiva en el campo, eligiendo el método apropiado de siembra y riego.
- Rotación de cultivos.

Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinua

Figura 4. Síntomas en hoja de quinua causados por el hongo *Fusarium* sp. Fuente: Autor(es)



Mancha de la hoja (*Alternaria* sp.)

Este hongo afecta principalmente las hojas de las plantas y llega a causar su pérdida o limitar su crecimiento. También afecta las semillas y a través de ellas se puede transmitir la enfermedad, la cual está influida por la temperatura y la altura (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Acuña, 2008; Cruces et al, 2016; Danielsen et al, 2003).

Transmisión

- Por semillas
- Material orgánico

Síntomas

Se presentan con aparición de manchas de color amarillo en las hojas, que pueden pasar a color café, que es cuando muere el tejido y estas se pierden (Figura 5).

Figura 5. Síntomas en hoja de quinua causados por el hongo *Alternaria* sp. Fuente: Autor(es)



Control:

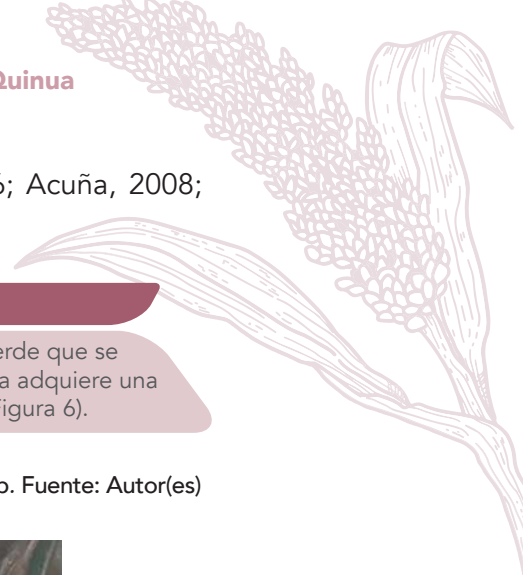
- Usar semillas sanas o desinfectadas.
- Buena preparación del terreno.
- Rotación de cultivos.
- Eliminar material contaminado.

Moho verde (*Cladosporium* sp.)

Es la enfermedad que afecta las hojas de quinua y generalmente aparece en las lesiones generadas previamente por el mildiu, una enfermedad causada por oomicetos que genera grandes pérdidas. Su crecimiento puede darse en cualquier momento de la cosecha y su incidencia se incrementa por la alta

Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinua

humedad del ambiente (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Acuña, 2008; Cruces et al, 2016; Danielsen et al, 2003).



Transmisión

- Por medio del viento
- Material orgánico

Síntomas

Aparecen pequeñas manchas de color verde que se extienden por la totalidad de la hoja. Esta adquiere una coloración amarilla y finalmente se cae (Figura 6).

Figura 6. Síntomas en hoja de quinua causados por el hongo *Cladosporium* sp. Fuente: Autor(es)



Control:

- Usar semillas sanas o desinfectadas.
- Buena preparación del terreno.
- Rotación de cultivos.
- Distanciamiento adecuado entre plantas.

Mancha de tallo (*Phoma* sp.).

Este hongo afecta principalmente los tallos de las plantas y en menor grado las hojas y las flores. La humedad alta y prolongada genera la aparición de lesiones más graves (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Acuña, 2008; Cruces et al, 2016; Danielsen et al, 2003).

Transmisión

- Por salpicaduras a través de la lluvia
- Residuos de cosechas previas

Síntomas

Las lesiones en el tallo se presentan de forma ovalada y de color gris con un borde café. Estos hongos no necesitan de una herida previa para generar la infección (Figura 7).

Figura 7. Síntomas en tallo de quinua causados por el hongo *Phoma* sp. Fuente: Autor(es)





Control:

- Buena preparación del terreno.
- Rotación de cultivos.
- Distanciamiento adecuado entre plantas.
- Eliminar plantas enfermas.

Mancha de hoja o moho negro (*Stemphylium sp.*)

Este hongo puede atacar las hojas y los tallos de las plantas, pero necesita una infección previa para generar la enfermedad. Puede tener mayor presencia en lesiones causadas por mildiu y en condiciones de alta humedad (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Acuña, 2008; Cruces et al, 2016; Danielsen et al, 2003).

Transmisión

- Por medio de semillas
- Material orgánico de cultivos pasados

Síntomas

Se pueden observar inicialmente manchas pequeñas de color café claro u oscuro que pueden ser circulares o irregulares, las cuales crecen y se tornan de color negro y quebradizas. Además, el hongo crece en las lesiones de un color verde oliva o negro (Figura 8).

Control:

- Usar semillas sanas o desinfectadas.
- Buena preparación del terreno y limpieza.
- Rotación de cultivos.

Figura 8. Síntomas en hoja de quinua causados por el hongo *Stemphylium* sp.

Fuente: Autor(es)



Mildiu de la quinua (*Peronospora* sp).

Es la enfermedad con mayor distribución en los cultivos de quinua. Esta afecta las hojas de las plantas y altera su desarrollo y rendimiento (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Acuña, 2008; Cruces et al, 2016; Danielsen et al, 2003).

Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinua

Transmisión

- Por semillas contaminadas
- Residuos de cosechas pasadas

Síntomas

Se presenta como manchas pequeñas en las hojas, las cuales adquieren un color amarillo, rosa o rojizo, que posteriormente provocan la muerte del tejido y la caída de las hojas (Figura 9).

Figura 9. Síntomas en hoja de quinua causados por el hongo *Peronospora* sp.

Fuente: Autor(es)



Control:

- Usar semillas sanas o desinfectadas.
- Evitar la humedad excesiva en el campo, eligiendo el método apropiado de siembra y riego.
- Rotación de cultivos.
- Uso de cultivos resistentes.

ENFERMEDADES DE ORIGEN BACTERIANO EN EL CULTIVO DE QUINUA

Mancha bacteriana o bacteriosis (*Pseudomonas* sp.).

Esta enfermedad se puede presentar tanto en las hojas como en los tallos de las plantas. Debido al comportamiento de la enfermedad, su incidencia es baja en los cultivos de quinua (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Acuña, 2008; Cruces et al, 2016; Danielsen et al, 2003).

Transmisión

- Por semillas contaminadas
- Cultivos vecinos

Síntomas

Se presenta como pequeñas manchas de aspecto húmedo tanto en tallos como en hojas, las cuales después adquieren un color marrón. En las hojas hay muerte del tejido y en los tallos lesiones profundas (Figura 10).

Control:

- Usar semillas sanas o desinfectadas.
- Buena preparación del terreno.
- Rotación de cultivos.

Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinoa

Figura 10. Síntomas en hoja de quinoa causados por la bacteria *Pseudomonas* sp.

Fuente: Autor(es)





**FACTORES AMBIENTALES
QUE INFLUYEN EN EL
ESTABLECIMIENTO DE
LOS CULTIVOS DE
QUINUA**



La quinua es una planta dinámica con capacidad de adaptarse y crecer en diferentes condiciones climáticas, geográficas y agronómicas (Díaz, 2019; Vilca et al, 2013). Sin embargo, factores de tipo climático, geográfico y agronómico determinan el establecimiento efectivo de los cultivos (Tabla 4).

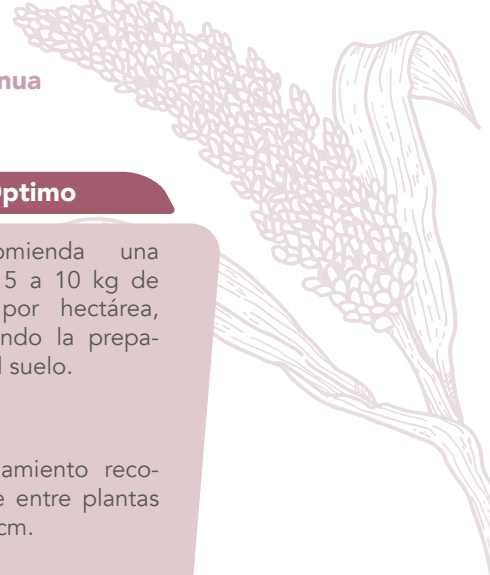
Tabla 4. Factores que influyen en el establecimiento de cultivos de quinua.

Factores Ambientales que Influyen en el Establecimiento de los Cultivos de Quinua

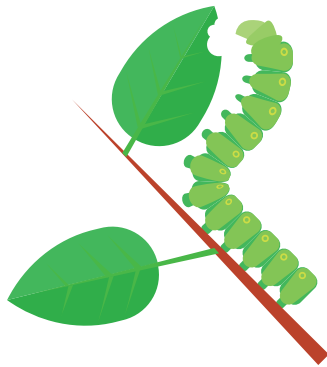
Factores climáticos y geográficos

Factor	Descripción	Óptimo
Región		Nivel de mar o costa (0 a 500 m s. n. m.) Yunga (500 hasta 2500 m s. n. m.) Valles interandinos (2500 – 3500 m s. n. m.)
Tipo de suelo	La quinua tiene la capacidad de cultivarse en varias regiones, tipos de suelo, temperaturas y humedad. Estos factores están relacionados unos con otros, por lo que, dependiendo de la región donde se va a cultivar, hay unas características específicas que se deben tener en cuenta, particularmente al momento de elegir la variedad de quinua para cultivar.	Sierra alta o altiplano (3500 a 4000 m s. n. m.) Suelo con buen drenaje, francos semiprofundos con un alto contenido de materia orgánica y pH neutro.
Temperatura		Cultivos establecidos a temperaturas de 10 a 25 °C.
Humedad y precipitación		Se puede cultivar en un rango de precipitaciones de 300 mm a 1000 mm, con un rango de precipitación óptima de 500 a 800 mm.

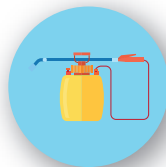
Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinua



Factor	Descripción	Óptimo	
Factores agronómicos	Dosis de semilla	La cantidad de semillas no influye significativamente en los cultivos, pero grandes cantidades de semillas no aseguran mayor crecimiento de plantas.	Se recomienda una dosis de 5 a 10 kg de semillas por hectárea, dependiendo la preparación del suelo.
	Espaciamiento	El distanciamiento entre surcos influye en el rendimiento del cultivo, ya que genera una mejor circulación del aire y plantas más sanas. Además, se debe tener en cuenta el número de plantas por hectárea.	El espaciamiento recomendable entre plantas es de 40 cm.
	Variedad de semilla	Es importante elegir la variedad de semilla acorde a la región donde se va a hacer el cultivo, además de elegir semillas con las características óptimas para un alto rendimiento.	Tener en cuenta las variedades de semillas y emplear semillas sanas con alta pureza física y genética.
	Sistema de siembra	Como las semillas de quinua son pequeñas, se necesita una buena preparación del terreno y sembrar inmediatamente para obtener una buena germinación.	Método manual o método mecánico.
	Fecha de siembra	Se debe tener en cuenta el ciclo de vida de las variedades de quinua, así como los factores climáticos y geográficos, para establecer las épocas de siembra y cosecha adecuadas.	Dependiendo la región y el clima.



MÉTODOS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN LAS PLANTAS DE QUINUA



Para evitar la aparición de plagas, malezas y enfermedades, comúnmente se aplican pesticidas de origen sintético, los cuales tienen un corto período de efectividad. Por esa razón, su aplicación se vuelve recurrente y genera toxicidad. Estos pesticidas además son poco específicos, pues son incapaces de discriminar entre las especies patógenas y funcionales, por lo que fumigar con ellos trae consecuencias e impactos negativos al suelo y al aire, pues contamina las aguas subterráneas y provoca alteraciones en el ecosistema. Por esto, es necesaria la implementación de alternativas eficaces para reducir el impacto negativo de los productos sintéticos y controlar microorganismos fitopatógenos sin afectar el medio ambiente. En este sentido, la utilización de métodos con capacidad biocontroladora y bioplaguicida es una alternativa viable para lograr cultivos sanos que cumplan con las normativas fitosanitarias, reducir el impacto negativo de los agroquímicos en el medio ambiente y mejorar notablemente los sistemas productivos al disminuir gradualmente la aplicación de productos químicos y los costos para los agricultores (Companion et al, 2019).

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA CONTROL DE ENFERMEDADES EN LA QUINUA

A continuación, se describen algunas alternativas para el control de enfermedades que pueden resultar más amigables con el ambiente:

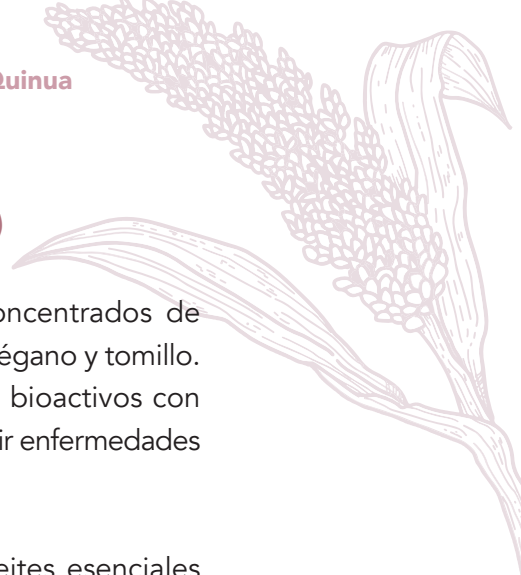


Aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y orégano (*Origanum vulgare*)

Actualmente se vienen haciendo estudios con extractos concentrados de aceite de origen vegetal, como los aceites esenciales (AE) de orégano y tomillo. Estos han demostrado ser una buena fuente de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas capaces de combatir enfermedades generadas por hongos en el cultivo de quinua.

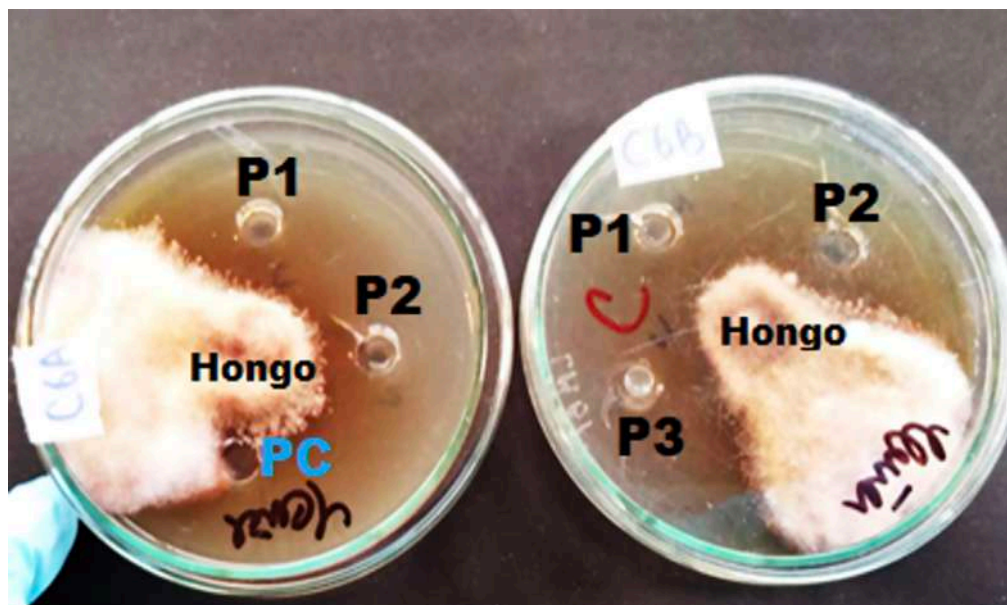
Se realizaron pruebas de actividad antifúngica utilizando aceites esenciales comerciales de tomillo y orégano para evaluar la efectividad en la inhibición del crecimiento contra aislados de *Fusarium* spp. y *Alternaria alternata* a nivel de laboratorio. Para esto se perforaron pequeños pozos en medios de cultivo específicos que permitían el crecimiento de los hongos. Allí se sirvieron los aceites a diversas concentraciones, preparados en un compuesto inocuo para las células como el DMSO (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4}). Adicionalmente, se sirvió un antimicótico que sirvió de control. De esta manera, si ocurría la inhibición del crecimiento se observarían zonas o halos en donde el hongo no lograría crecer.

Así, se pudo evidenciar que los aceites generaron una inhibición del crecimiento del hongo con respecto al pozo control (Figura 11). Valero (2021) reportó un efecto inhibitor en rangos del 60 al 100 % del aceite de tomillo (10^{-2}) para casi todos los aislados de *Fusarium* y para *A. alternata*, y con el aceite de orégano (10^{-2}) un efecto inhibitor del 100 % para todos los aislados de *Fusarium* y para *A. alternata*. Sin embargo, para ajustar las concentraciones



adecuadas es necesario tener en cuenta si hay o no fitotoxicidad. Por esta razón, los tratamientos fueron aplicados en semillas, con lo que se demostró que el aceite de orégano, a una concentración de 10^{-3} , limita el crecimiento fúngico sin afectar la germinación de las semillas de quinua (Figura 12)

Figura 11. Resultados de la prueba de laboratorio utilizando aceites esenciales (AE) de tomillo y orégano contra el hongo *Fusarium* sp. in vitro.

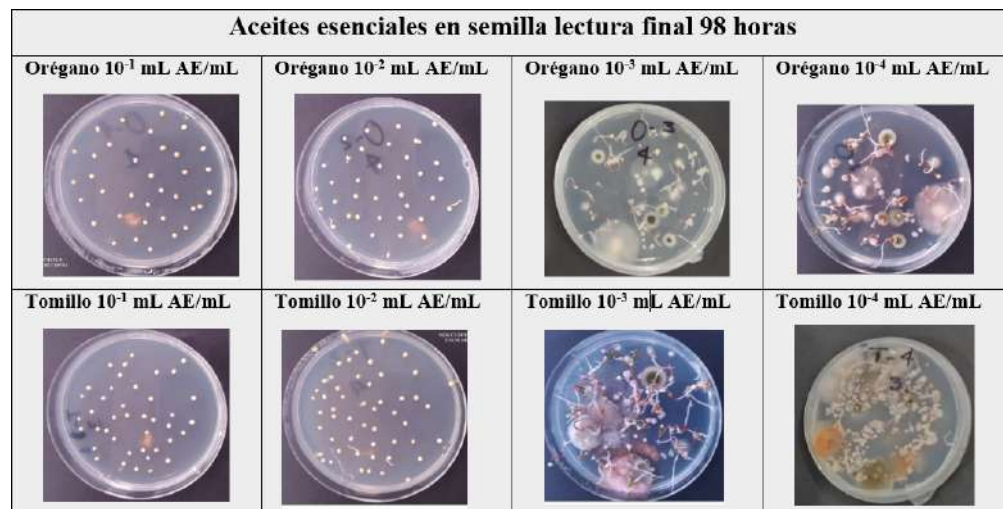


Métodos para el Control
de Enfermedades en las
Plantas de Quinua

Fuente: Autor(es)

Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinua

Figura 12. Prueba piloto utilizando aceites esenciales (AE) de tomillo y orégano a diferentes concentraciones (10^{-1} a 10^{-4}), para desinfectar semillas de quinua con el objeto de inhibir el crecimiento de *Fusarium* sp. A las 98 horas se observó una disminución en el número de colonias fúngicas cuando las semillas son tratadas con AE a concentraciones de 10^{-3} y 10^{-4} . Pese a que a concentraciones superiores 10^{-2} y 10^{-1} no se observa el crecimiento de hongos, estas concentraciones resultan ser tóxicas para las semillas, lo que impide su germinación.

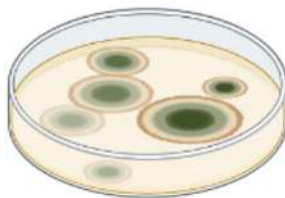


Fuente (Valero, 2021)

Trichoderma spp.

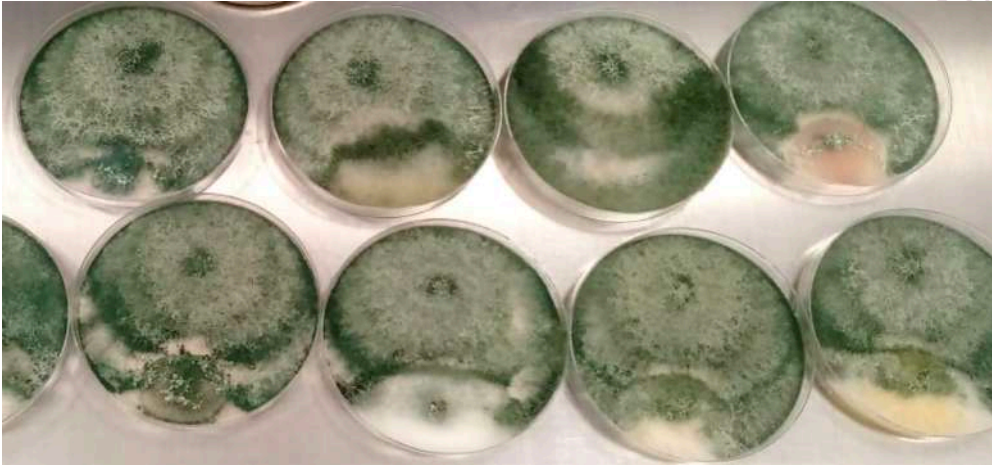
Se ha reportado que el hongo *Trichoderma* sp. abunda en los suelos agrícolas y es capaz de aportar beneficios para las plantas, entre ellos el biocontrol de las principales enfermedades fitopatógenas inducidas por hongos. El *Trichoderma* sp. ayuda en la descomposición y toma de nutrientes de estos hongos, pues los degrada y los incorpora como materia orgánica (Ríos, 2014). En esta investigación se ha demostrado una importante actividad antagonista de este biocontrolador contra aislados de *Fusarium* sp. y *Alternaria* sp., colectados en cultivos del departamento de Boyacá con una alta incidencia (Figura 13).

Para demostrar la capacidad antagonica de aislados de *T. asperellum* provenientes de los mismos cultivos de quinua del departamento, en laboratorio se realizaron pruebas de enfrentamiento entre estos aislados y una cepa comercial de *T. virens*, contra aislados fúngicos de *Fusarium* sp. y *Alternaria* sp, con el fin de evaluar su potencial biocontrolador. Estas pruebas se realizaron en medios que permitían el crecimiento óptimo de los hongos (PDA), en los cuales se cultivaron cada uno de los hongos a enfrentar en extremo y se dejaron creciendo para luego determinar mediante mediciones la actividad antagonica demostrada, si alguno de los hongos inhibía el crecimiento del otro (Valbuena-Rodríguez, 2021).

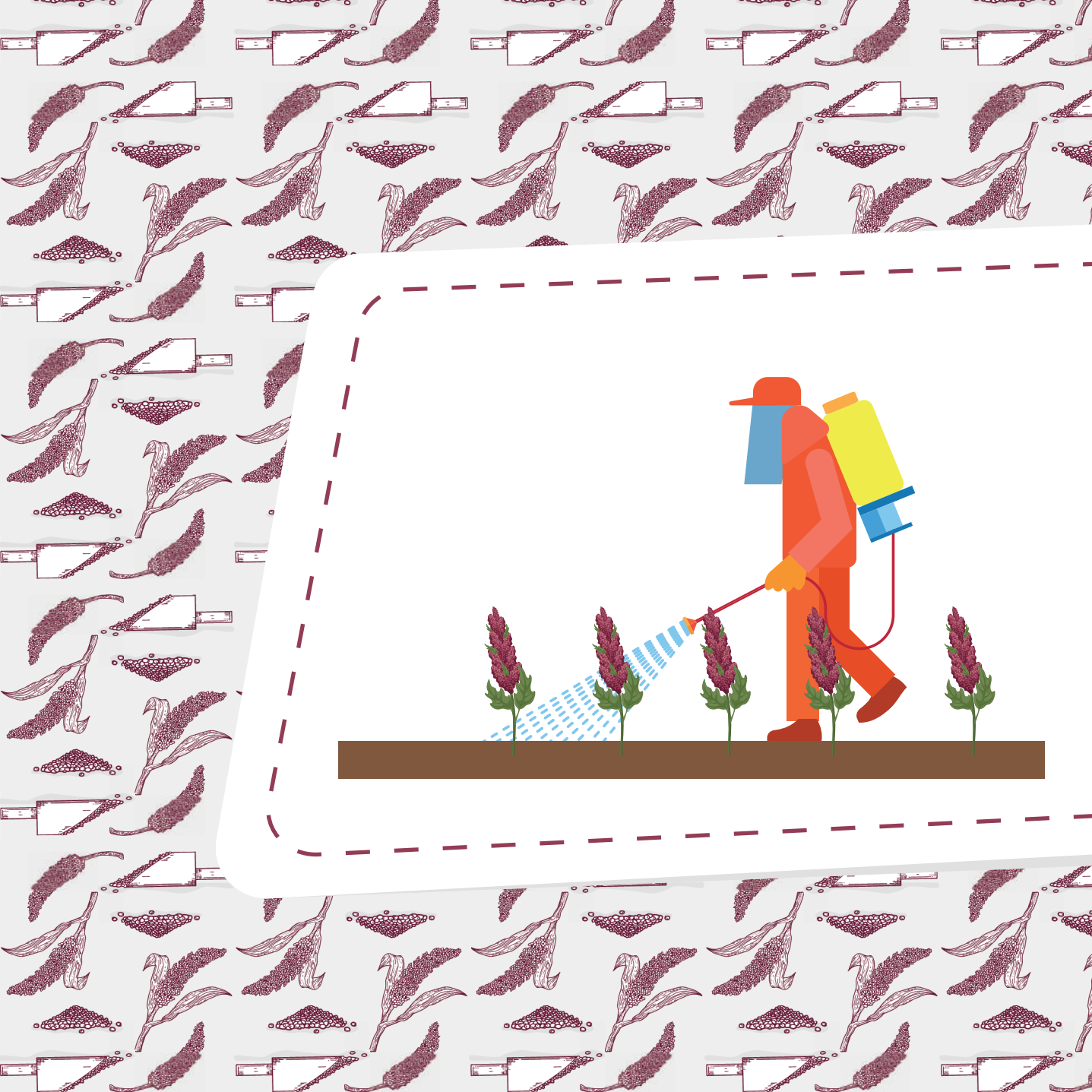


Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinoa

Figura 13. Resultados de la prueba de enfrentamiento del hongo *Trichoderma* sp. contra hongos fitopatógenos de quinoa *Fusarium* sp. y *Alternaria* sp.



Fuente: (Valbuena-Rodríguez, 2021).



ACCIONES PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS



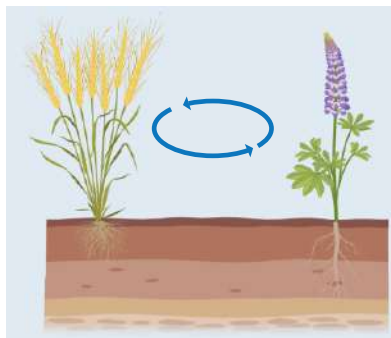
ROTACIÓN DE CULTIVOS

La rotación de cultivos es considerada como un sistema que le da sustentabilidad a la producción del cualquier cultivo (Figura 14). De acuerdo con Soto *et al.* (2012), la introducción de diferentes tipos de cultivos junto a la siembra de quinua mejora las condiciones del terreno en aspectos como:

- Evita la aparición de malezas.
- Reduce la incidencia de plagas y enfermedades.
- Mejora la estructura del suelo.
- Aumenta el contenido de materia orgánica.
- Incrementa la disponibilidad de nutrientes.

Es importante tener en cuenta que la rotación del cultivo de quinua debe hacerse con cultivos con los cuales no comparta las mismas plagas, como los cultivos de papa, haba, chocho, maíz, trigo, hortalizas, alfalfa, entre otros (Gómez y Aguilar, 2016; Vilca *et al.*, 2013).

Figura 14. Rotación de cultivos. Fuente: Autor(es)

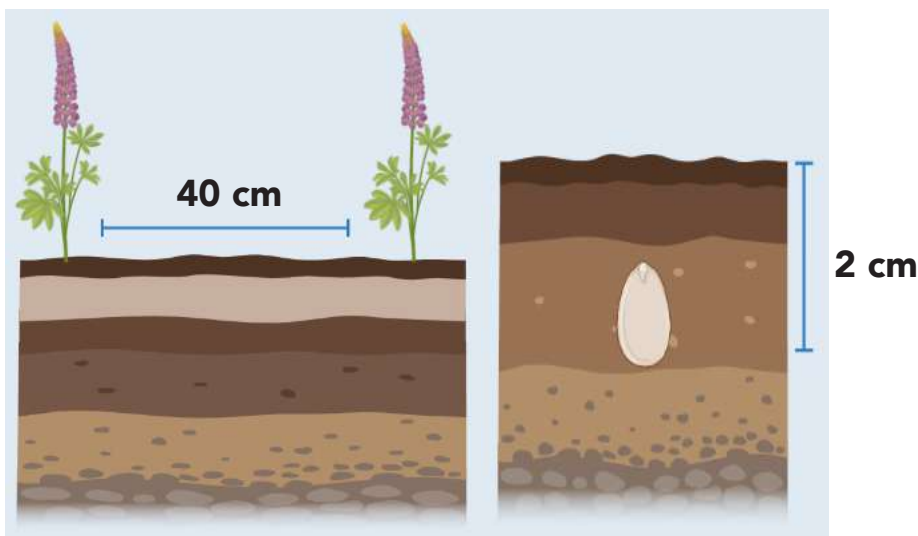


DISTANCIAMIENTO Y PROFUNDIDAD DE SIEMBRA

El distanciamiento adecuado entre surcos permite una mejor circulación del aire y evita la formación de microambientes y la aparición de plagas y enfermedades. Además, facilita retirar la maleza de forma sencilla, ya sea manual o mecánica.

De otro lado, la profundidad de siembra influye en la germinación de las plantas de quinua por ser semillas pequeñas, pues una siembra muy superficial puede secar las semillas debido al calor o exponerlas a que sean arrastradas por el viento, y una siembra muy profunda reduce la posibilidad de germinación (Figura 15) (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Vilca et al, 2013).

Figura 15. Distanciamiento y profundidad de siembra Fuente: Autor(es)



USO DE SEMILLAS SANAS Y DESINFECCIÓN DE SEMILLAS

Inicialmente, se deben seleccionar semillas que tengan las características adecuadas para el cultivo y luego desinfectarlas. Su desinfección sirve para evitar la aparición de enfermedades como el mildiu o la chupadera fungosa.

Es fundamental usar semillas sanas y tratarlas previo a la siembra. Para esto se pueden utilizar métodos químicos u otras alternativas orgánicas o amigables con el medio ambiente, como el uso de aceites esenciales, microorganismos biocontroladores, luz ultravioleta y extractos de algunas plantas con poder antimicrobiano como la ortiga (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Vilca et al, 2013).

Antes de sembrar tenga en cuenta que la semilla cuente con las siguientes características:

- Pureza. - Condición física: peso adecuado, tamaño y limpieza.
- Libre de enfermedades.

Para la desinfección de semillas, el método más usado es el químico, es decir, el uso de fungicidas como:

- VITAVAX® - RIZOLEX® - HOMAI®

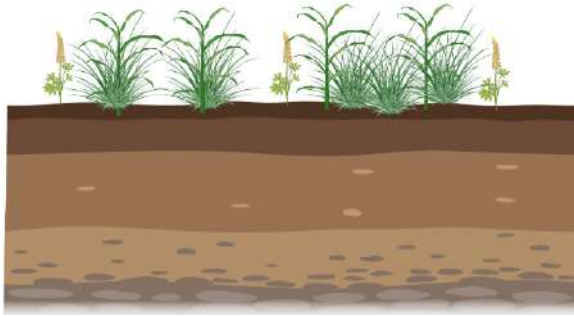
CONTROL DE MALEZAS

La maleza asociada a los cultivos de quinua interfiere en el desarrollo de las plantas debido a la competición por espacio y nutrientes. Además, la maleza puede ser fuente de plagas y

Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinua

enfermedades que afectan el cultivo (Figura 16) (Díaz, 2019; Gómez y Aguilar, 2016; Vilca et al, 2013).

Figura 16. Control de malezas en quinua. Fuente: Autor(es)



El control de la maleza se debe hacer de manera oportuna, antes de que estas plantas alcancen un mayor tamaño que las plantas de quinua. Se puede realizar un control mecánico o químico.

Tipos de control:

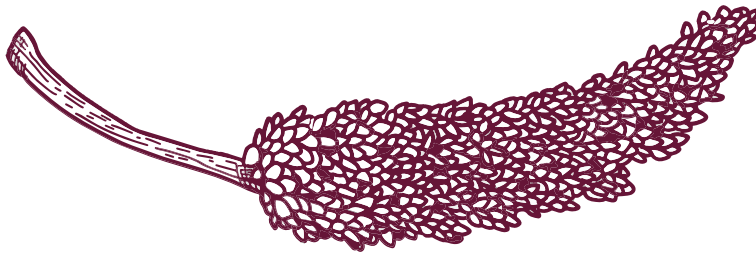
Mecánico: deshierbe manualmente o con equipos especiales.

Químico: mediante el uso de herbicidas.

Para prevenir la aparición de maleza se recomienda:

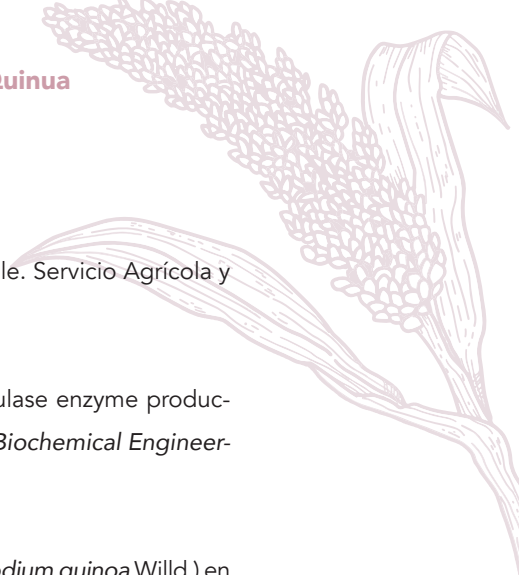
- Buen distanciamiento entre plantas.
- Buena preparación del terreno.
- Evitar el uso de semillas nuevas.

REFERENCIAS



REFERENCIAS

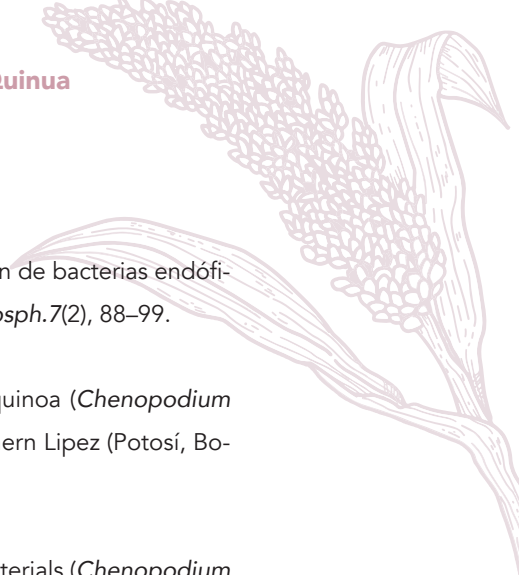
- Acuña R. (2008). Compendio de Fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile. Servicio Agrícola y Ganadero. <https://biblioteca.sag.gob.cl/DataFiles/25-2.pdf>
- Ahamed A, y Vermette P. (2008). Culture-based strategies to enhance cellulase enzyme production from *Trichoderma reesei* RUT-C30 in bioreactor culture conditions. *Biochemical Engineering Journal*, 40, 399–407
- Bernal C, Villegas E, Sandoval G, Lache A, y Correa C. (2015). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Colombia. Primera Entrega: un nuevo enfoque de negocio. *Revista Virtual Pro*. 164, 1–31.
- Calla, C. J. (2012). Manejo Agronómico del Cultivo de la Quinua: Guía Técnica. Oficina Académica de Proyección y extensión Social–UNALM, AGROBANCO.
- Castillo J, Sequeiros C, Claros M, y Ortuño N. (2013). Identificación molecular de microorganismos benéficos asociados a la quinua. En: IICA (Ed.). IV Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia; p. 681. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2562>
- Castro G, Ferrero M, Mendez B, y Siñeriz S. (1993). Screening and election of bacteria with high amylolytic activity. *Acta Biotechnologica*. 13(2), 197-201. <https://doi.org/10.1002/abio.370130220>
- Colque-Little C, Amby DB, y Andreasen C. (2021). A Review of *Chenopodium quinoa* (Willd.) Diseases—An Updated Perspective. *Plants*. 16;10(6), 1228.
- Companioni González B, Domínguez Arizmendi G, y García Velasco R. (2019). *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Bioteología Vegetal*, 19(4), 237-248.



- Cruces LM, Callohuari Y, y Carrera C. (2016). Quinoa: Manejo Integrado de plagas, estrategias en el cultivo de la quinoa para fortalecer el sistema agroalimentario en la zona andina. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Cruces LM, Callohuari Y, Santivañez T, y Delgado P. (2016). Guía de identificación y control de las principales plagas que afectan a la quinoa en la zona andina. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Danielsen S, Bonifacio A, y Ames T. (2003). Diseases of Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Food Reviews International*. 5;19(1-2), 43-59.
- Díaz Sánchez J. (2019). Quinoa del sur de Chile: Alternativa productiva y agroindustrial de alto valor. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/32879>
- FAO, ALADI. (2014). Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinoa. ALADI (Asociación Latinoamericana de Integración), FAO (Organización de las Naciones La, Unidas para la Alimentación y Agricultura).
- Fonseca-Guerra I, Chiquillo C, Padilla M, y Benavides-Rozo M. (2021). First report of bacterial leaf spot on *Chenopodium quinoa* caused by *Pseudomonas syringae* in Colombia. *Journal Plant Disease and Protection*. 1-4.
- Foyosal MJ, y Lisa AK. (2018). Isolation and characterization of *Bacillus* sp. strain BC01 from soil displaying potent antagonistic activity against plant and fish pathogenic fungi and bacteria. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. Dec;16(2), 387-92.
- García-Parra, MÁ, y Plazas-Leguizamón, NZ. (2018) La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en los sistemas de producción agraria. *Producción + Limpia*. 13(1), 112-119.

Manejo Fitosanitario del Cultivo de Quinua

- Gómez LP, y Aguilar EC. (2016). Guía de cultivo de la quinua. FAO y UNAL.
- León-Fajardo M, Mancilla-Felipez JD, y Ortuño-Castro FN. (2019). Evaluación de bacterias endófitas promotoras de crecimiento en el cultivo de quinua. *J Selva Andin Biosph.*7(2), 88–99.
- López ML, Capparelli A, y Nielsen AE. (2012). Postharvest processing of quinoa (*Chenopodium quinoa*, Chenopodiaceae) grain in the late pre-Hispanic period in Northern Lipez (Potosí, Bolivia). *Darwiniana*, 50(2), 187–206.
- Manjarrés EH, Morillo AC & Ardila WL. (2020). Seed quality of 22 quinoa materials (*Chenopodium quinoa* Willd.) from the department of Boyacá. *Revista Ceres*, 67, 306-314.
- Montoya Restrepo LA, Vianchá LM, y Peralta Ballesteros J. (2005). Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. *Innovar*, 15(25), 103–19.
- Narendra D. (2012). Isolation and characterization of protease producing bacterial from soil and estimation of protease by spectrophotometer. *The Experiment*, 1(1), 1-7.
- Ortuño N, Gutierrez C, Claros Magnus M, Angulo M, y Castillo JA. (2014). Bacteria associated with the cultivation of quinoa in the Bolivian Altiplano and their biotechnological potential. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 54, 53.
- Paco-Pérez V, y Guzmán-Vega G-D. (2019). Efecto de enmiendas orgánicas sobre las poblaciones microbianas de la rizosfera del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano Sur de Bolivia. *Journal of the Selva Andina Biosphere*. 7(1), 32–43.



- Rojas W, Alandía G, Irigoyen J, y Blajos J. (2011). La Quinoa: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Vol. 37, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, FAO.
- Salinas ES. (2018). Riesgos y estrategias en el uso de plaguicidas. *Inventio*. 7(14), 21–28.
- Sirisha E, Rajasekar N. y Lakshmi N. (2010). Isolation and optimization of lipase producing bacteria from oil contaminated soils. *Advances in Biological Research* 4(5), 249-252.
- Soto E, Mercado W, Estrada R, Díaz F, y Díaz G. (2015). El mercado y la producción de quinoa en el Perú.
- Soto J, Valdivia E, Valdivia R, Cuadros A, y Bravo R. (2012). Descripción de sistemas de rotación de cultivos en parcelas de producción de quinoa en cuatro zonas (siete distritos) del altiplano peruano. *CienciAgro*. 2(3), 391–402.
- Valbuena-Rodríguez JL. (2021). Evaluación de la capacidad biocontroladora de bacterias funcionales, *Trichoderma asperellum* y aceites esenciales de tomillo y orégano sobre fitopatógenos de quinoa. Universidad de Boyacá.
- Valero Posada AM. (2021). Potencial de los aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y orégano (*Origanum vulgare*) para el control de *Fusarium* spp. en *Chenopodium quinoa* y su efecto sobre la microbiota del suelo. Universidad de Boyacá.
- Vilca J, Carrasco G, Aquino G. (2013). Manejo integrado en el cultivo de quinoa. Ayacucho, Perú. Guía Técnica AGROBANCO-Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vilcacundo R, y Hernández-Ledesma B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Current Opinion in Food Science Journal*. 14, 1–6.