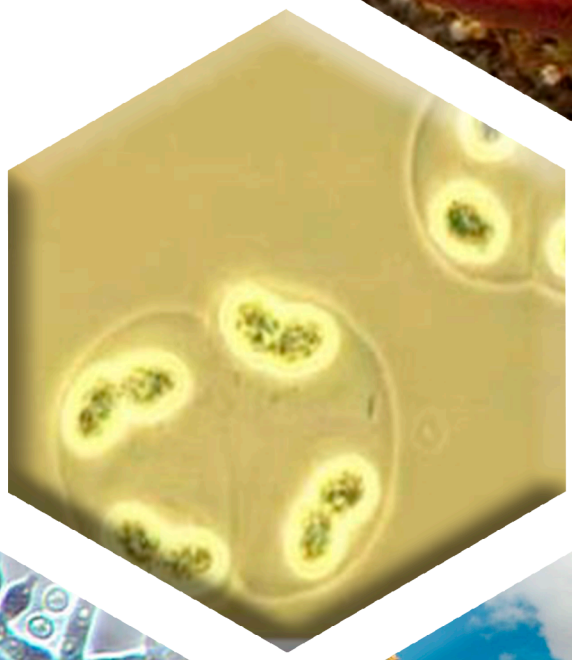


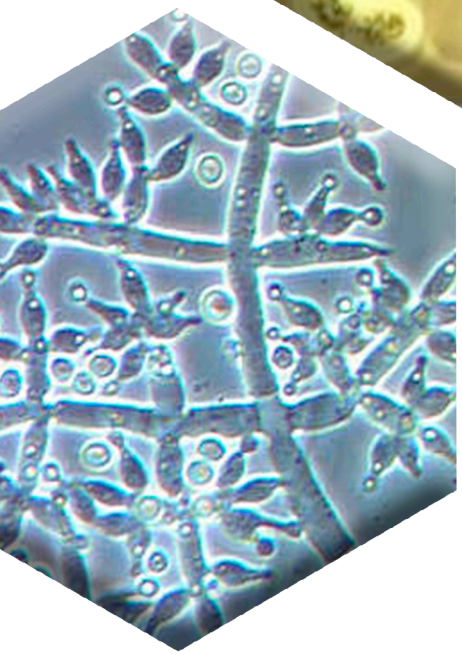
Impacto del trichoderma endófito y los microorganismos eficaces

(em) sobre daños del kcona kcona (Eurysacca sp.) en la producción de quinua (Chenopodium quinoa willd.)













Paul Pascual Mendoza Coari
Betsabe León Tacca
Luis Alfredo Palao Iturregui

Editorial Tercer Sol
México

Paul Pascual Mendoza Coari

Correo de contacto: paulmendozac@gmail.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3111-7039

Perfil: Biólogo, especialidad de Ecología. M.Sc. Agricultura Andina, especialidad Agricultura Orgánica. Estudios concluidos Maestría en Auditoría y Gestión Pública, Dr. (c) Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

Afiliación: Universidad Nacional del Altiplano Puno

Perú

Betsabe Leon Ttacca

Correo de contacto: Bleon@undc.edu.pe

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4343-2431

Afiliación: Universidad Nacional de Cañete

Perú

Luis Alfredo Palao Iturregui

Correo de contacto: lpalao@hotmail.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8527-8866

Afiliación: Universidad Nacional del Altiplano -Puno

Perú

Todas nuestras publicaciones son sometidas a revisión doble-ciego de pares académicos (*Peer Review Double Blinded*).

Esta publicación cuenta con licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 3.0 Unported License.



ISBN 978-607-59446-2-3

© Paul Pascual Mendoza Coari
© Betsabe Leon Ttacca
© Luis Alfredo Palao Iturregui

© Editorial Tercer Sol

www.editorialtercersol.com

Este libro es resultado de la investigación *Influencia de cepas de Trichoderma endófito y microorganismos eficaces (EM) en la incidencia de "Kcona Kcona" (Eurysacca sp.) y rendimiento de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*, realizada en la Universidad Nacional del Altiplano Perú.

Queda prohibida la reproducción bajo cualquier modalidad de toda o una parte de esta obra sin autorización expresa del titular de los derechos

Diseño de carátula y composición: Rodrigo Medrano Serrano
Edición electrónica: Editorial Tercer Sol

Editado en México
Published in Mexico

Impacto del trichoderma endófito y los microorganismos eficaces (em) sobre daños del kcona kcona (Eurysacca sp.) en la producción de quinua (Chenopodium quinoa willd.)

Impacto del trichoderma endófito y los microorganismos eficaces (em) sobre daños del kcona kcona (Eurysacca sp.) en la producción de quinua (Chenopodium quinoa willd.)

Paul Pascual Mendoza Coari
Betsabe León Tacca
Luis Alfredo Palao Iturregui

CONTENIDO

Índice de tablas 6

Índice de figuras 8

Introducción 9

Capítulo I 11

Bases epistemológicas de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) 11

1.1. Cultivo de quinua 11

1.2. Origen y distribución de la quinua 12

1.3. Importancia de la quinua 13

1.4. Fases fenológicas de la quinua 13

1.5. Características de la quinua 14

1.6. Plagas de la quinua 15

Capítulo II 19

Principios básicos de los hongos endófitos y los microorganismos eficientes 19

2.1. Hongos endófitos 19

2.2. Diversidad y distribución 20

2.3. Colonización de hongos endófitos 20

2.4. Transmisión y adquisición de endófitos 21

2.5. Mecanismos en la protección de plantas contra agentes patógenos 21

2.6. *Trichoderma sp.* 22

2.7. Microorganismos eficientes 23

2.8. Usos y efectos de microorganismos eficientes 25

2.9. Aplicación en agricultura 26

Capítulo III 28

Fundamentaciones esenciales respecto al kcona kcona (*Eurysacca sp.*) 28

3.1. Kcona kcona 28

3.2. Características morfológicas 29

3.3. Biología y comportamiento 30

3.4. Daños y umbral de daño económico (UDE) 31

Capítulo IV 32

Impacto del *Trichoderma endófito* y los microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y los daños por el kcona kcona (*Eurysacca sp.*) 32

4.1. Población y muestra 33
4.2. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos 33
4.3. Reactivación e incremento de inóculo de cepas de Trichoderma sp. 34
4.4. Producción de cepas de Trichoderma sp. en sustrato de arroz 34
4.5. Activación de microorganismo eficaces 35
4.6. Tratamientos 37
Capítulo V 71
Efecto de las plagas en la pérdida de los cultivos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) 71
Bibliografía 74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Código y procedencia de cepas de Trichoderma sp. utilizadas en la investigación - CIP Camacani de la UNA, durante la campaña agrícola 2016-2017 33

Tabla 2. Producto comercial EM-1 utilizado en la investigación - CIP Camacani de la UNA durante la campaña agrícola 2016-2017 35

Tabla 3. Tratamientos empleados para determinar la incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA bajo condiciones de campo en el CIP - Camacani de la UNA, durante la campaña agrícola 2016-2017 37

Tabla 4. Etapas fenológicas en las cuales se aplicaron *Trichoderma sp.* y microorganismos eficaces, al cultivo de quinua variante Salcedo INIA en el CIP - Camacani de la UNA, durante la campaña agrícola 2016-2017 38

Tabla 5. Número de aplicaciones foliares de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces, según las fases fenológicas de la quinua variante Salcedo INIA en el CIP - Camacani de la UNA, durante la campaña agrícola 2016-2017 39

Tabla 6. Categorización de grados de daño de *Eurysacca sp.* en el cultivo de quinua 41

Tabla 7. Datos de análisis de fertilidad de suelo de terreno experimental - Camacani 44

Tabla 8. Datos de temperatura (máxima, mínima y media) y precipitación registrados durante la campaña agrícola 2016-2017 (dirección zonal 13 del Senamhi - Estación Meteorológica Rincón de la Cruz - Acora) 44

Tabla 9. Promedios multianuales de temperatura y precipitación anual durante los años 2006-2015 registrados en la Estación Meteorológica Rincón de la Cruz - Acora 46

Tabla 10. Primera evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 48

Tabla 11. Análisis de varianza para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 48

Tabla 12. Prueba de rango múltiple para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 49

Tabla 13. Segunda evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 50

Tabla 14. Análisis de varianza para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 50

Tabla 15. Prueba de rango múltiple para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 51

Tabla 16. Tercera evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 52

Tabla 17. Análisis de varianza para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 52

Tabla 18. Prueba de rango múltiple para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 53

Tabla 19. Cuarta evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 53

Tabla 20. Análisis de varianza para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA (06/04/2017), con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 54

Tabla 21. Prueba de rango múltiple para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 55

Tabla 22. Determinación del índice de daño aplicando la fórmula de Kasper 55

Tabla 23. Rendimiento en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 58

Tabla 24. Análisis de varianza para rendimiento en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces 59

Tabla 25. Prueba de rango múltiple para rendimiento en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 60

Tabla 26. Altura de planta (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 61

Tabla 27. Análisis de varianza para altura de planta (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficace 62

Tabla 28. Prueba de rango múltiple para altura de planta (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 62

Tabla 29. Longitud de panoja (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 64

Tabla 30. Análisis de varianza para longitud de panoja (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 65

Tabla 31. Prueba de rango múltiple para longitud de panoja (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces 65

Tabla 32. Peso seco (gr) de quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 66

Tabla 33. Análisis de varianza de peso seco (gr) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces 67

Tabla 34. Prueba de rango múltiple de peso seco (gr) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces 68

Tabla 35. Proyección de rentabilidad/tratamiento en la parcela experimental de quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cepas de *Trichoderma sp.* de cinco días de edad en medio EMA 34

Figura 2. Producción de cepas de *Trichoderma sp.* en sustrato de arroz, realizado en el Laboratorio de Fitopatología de la UNA, 2017 34

Figura 3. Proceso de activación de microorganismos EM-1 en concentraciones de 5 %, 10 % y 15 % 36

Figura 4. Distribución de unidades experimentales (parcelas) bajo un diseño de bloque completo al azar, para determinar la influencia de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces, en la incidencia del kcona kcona y el rendimiento de quinua 36

Figura 5. Parcela experimental ubicada en el CIP - Camacani, durante la campaña agrícola 2016-2017 38

Figura 6. Labores culturales: aporque, desahije y control de malezas en la parcela experimental 41

Figura 7. Clima diagrama de temperaturas máximas, mínimas y precipitación total (mm) durante la campaña agrícola 2016-2017 45

Figura 8. Clima diagrama de temperaturas máximas, mínimas y precipitación total (2006-2015) 47

Figura 9. Rendimiento en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces 59

Figura 10. Rendimiento en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces 59

Figura 11. Altura de planta (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 61

Figura 12. Longitud de panoja (cm) en quinua (variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 64

Figura 13. LPeso seco (gr) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces 67

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria se constituye como un aspecto importante, tanto más cuanto se aboca a una actividad humana de gran relevancia que posibilita la obtención de nutrientes necesarios para mantener la vida, como lo es la alimentación. Este es un proceso natural que pone en circulación diversas esferas que atañen a los seres humanos, por lo cual posee una gravitante importancia a niveles tanto individuales como colectivos (Martínez-Zazo y Pedrón-Giner, 2016).

Por ello, aparece un concepto clave, que compete a la producción y distribución de alimentos, conocido como la seguridad alimentaria. Así pues, un hecho alarmante acontece si se atienden a las cifras de hambre en todo el mundo: aproximadamente uno de siete habitantes sufre por deficiencias en su alimentación (Gordillo-De Anda, 2004). En tal sentido, la seguridad alimentaria es una forma de existencia caracterizada por el acceso unánime a alimentos desde una perspectiva física, social, y económica que pueda satisfacer los requerimientos energéticos de un individuo. A partir de ello, se erigen cuatro dimensiones basilares; a saber: disponibilidad, refiere a la disposición perenne de alimentos y un comercio de calidad; acceso, se trata de conseguir una adecuada oferta de alimentos tanto en mercados nacional como internacional; utilización, la manera en que el organismo aprovecha los beneficios de los nutrientes alimenticios; y estabilidad, la existencia de una periodicidad temporal constante en el acceso, disponibilidad y utilización de los alimentos (Torres-Torres, 2003) (Figueroa-Pedraza, 2003).

Es en este contexto que la quinua se constituye como un cultivo crucial y estratégico en la consecución de la seguridad alimentaria, así como de su soberanía. Estas no son palabras vacías: la quinua es una semilla o grano integral, nativa del altiplano andino, debido a su calidad nutritiva, su gran variabilidad genética, adaptabilidad, bajo coste de producción, una gran versatilidad en su empleo como alimento, entre otros. Además, es un grano que contiene los aminoácidos fundamentales para el bienestar de la salud en el ser humano; además, no solo su uso se limita al sector alimentario, sino también a los sectores farmacéuticos, cosmetológicos, comerciales y subproductos e, incluso, en diversas tradiciones histórico-culturales (Ku-Soria, 2017) (Reyes-Montaño, 2006).

El país del Perú es el primer productor de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) a nivel mundial; así también es el más grande exportador desde el 2014, seguido por EEUU, Bolivia y Países Bajos. Según datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Riego (2017), es la Región Puno el lugar de procedencia y de mayor diversidad de dicho grano; además, es el territorio donde más se siembra y cosecha. Por otro lado, aunque pueda parecer contradictorio, ello se estima, todavía, exiguo y limitado, en la medida que el cultivo se restringe a parcelas de menor tamaño, la producción es estacionaria y los rendimientos, bajos. (2017).

Ahora bien, al analizar todo lo relacionado al cultivo de quinua, uno de los aspectos que, de inmediato, salen a relucir: toda la serie de plagas y enfermedades que afectan directamente su desarrollo adecuado y cuyas repercusiones dañinas alcanzan al follaje, el tallo, la panoja y el grano mismo. Los principales y más comunes causantes de todos esos malos son la conocidísima "kcona kcona", llamada también polilla de la quinua, y el mildiu. Sin duda, lo más llamativo de estas plagas estriba en su capacidad de alcance y acción: en condiciones favorables, las pérdidas pueden lograr un porcentaje enorme como lo es el 100 %. Para contener su avance y limitar los perjuicios y daños, se han trazado a lo largo de la historia diversas estrategias de control, las cuales son de diferente índole, tales como: el control cultural, biológico natural y aplicado, etológico, plantas repelentes, biocidas e identificación y destrucción de focos de infección (Estrada-Zúñiga, 2010).

En las estrategias de control biológico existe una que sobresale por entre todas las demás; hablamos, pues, del empleo de cepas del hongo Trichoderma sp. con capacidad endofítica, los cuales detentan la capacidad de conquistar tejidos de las plantas sin suscitar una sintomatología visible y de incitar la elaboración de compuestos relacionados con su sistema inmunitario y con los genes involucrados en las reacciones de las plantas frente a diversos factores y estímulos bióticos y abióticos (Bae et al. 2009). Así pues, este método de control biológico es uno de los más efectivos y en su desarrollo consiste la propuesta de este libro; atendiendo siempre a sus características positivas y benéficas, tales como su seguridad, su condición de biodegradables y benevolencia para con el medio ambiente, en resumen, es una alternativa viable frente al productos químicos (Toghueo *et al.*, 2016).

Además del ya mencionado hongo, existe otra alternativa eficaz para el control de plagas como la kcona kcona y el mildiu: el uso de los Microorganismos Eficaces (EM). Con este nombre se conoce a una combinación microorganismos beneficiosos de origen natural y perteneciente los géneros Lactobacillus —bacterias ácido lácticas—, *Saccharomices* —levaduras— y *Rhodopseudomonas* —bacterias fotosintéticas o fototróficas—. Estos pueden optimizar la microflora del suelo, promover el desarrollo de las plantas, así como la protección del ataque de plagas y enfermedades (Nathaniel et al., 2020) (Palao-Iturregui et al., 2019). Por lo tanto, junto con el *Trichoderma sp.*, estos serán los mecanismos de control que a lo largo del presente libro serán desarrollados con minuciosidad en la medida que son una alternativa eficaz frente a los productos químicos, que, al final de cuentas, pueden dañar los cultivos.

En tal sentido, resulta preciso la implementación la de programas y proyectos respecto del manejo ecológico de plagas, las cuales posibilitan la disminución de las repercusiones nocivas y destructivas que amenazan a los cultivos. Asimismo, es sustancial su implementación en todas las etapas del desarrollo de los cultivos —de la quinua, para el caso que nos compete— y teniendo en cuentas todas las variables posibles, factores bióticos y abióticas, que pueden interactuar y afectar potencialmente al cultivo (Letourneau y Altieri, 1999).

Por todo ello, la aplicación y utilización de estos dos microorganismos implican una alternativa racional, responsable y sostenible, en la medida que optimiza el desarrollo de los cultivos al controlar y, en algunos casos, neutralizar, las plagas y enfermedades y reduce el uso de pesticidas químicas. Esto generará, pues, un impacto positivo no solo en la producción de los cultivos de quinua, sino también en la sostenibilidad ambiental al reducir la contaminación.

CAPÍTULO I

Bases epistemológicas de la quinua (Chenopodium quinoa willd.)

La quinua es uno de los productos ancestrales del territorio altoandino que ha contribuido de gran manera a incrementar los niveles económicos del país. Además, este grano también ha colaborado con la mejora alimentaria de los pobladores de las zonas andinas, por lo que es esencial conocer los conceptos básicos que se forman en torno a la producción de este alimento.

1.1. Cultivo de quinua

La quinua representa uno de los mejores productos de consumo y exportación para las sociedades altoandinas, gracias a la adaptación de cultivos en gran parte del territorio nacional, lo cual permite el incremento de su producción y su utilidad.

De acuerdo con Vargas *et al.* (2019), la quinua es uno de los alimentos más antiguos de las zonas andinas, por lo que es posible rastrearla desde la época de la civilización incaica. La quinua crece en las zonas altoandinas, debido a que el clima en esos lugares favorece la producción en masa de este grano. El hábitat de la quinua se distribuye desde Colombia hasta Chile, por ello, sus cultivos se hallan desde suelos a partir del nivel del mar hasta zonas con una altitud mayor a los 3000 m s. n. m. lo que permite que la quinua tenga una gran cantidad de variedades y se cultive en la mayor parte de los países andinos.

Vargas *et al.* (2019) también añaden que el cultivo de quinua tiene un alto valor nutricional para la población, dado que representa un alto nivel proteico, así como de proteínas solubles, azúcares, lípidos y otros elementos, lo que la convierte en un alimento con alto interés alimentario; ello, gracias a su versatilidad como suplemento alimenticio, el cual puede funcionar como un reemplazo de granos habituales como el arroz, el maíz o el trigo. Además de ello, en el ámbito económico, la quinua genera ingresos para las economías de países andinos y produce una notable competencia en el mercado de exportaciones, principalmente con la quinua orgánica.

Por su parte, Rojas *et al.* (2016) expresan que la quinua tiene una variedad genética, lo que se visualiza en la diversidad de colores, semillas y formas, todo ello sin perder sus valores nutritivos, aun cuando sus diferencias se manifiestan también en los procesos y los tiempos de cultivo.

En este sentido, conocer la diversidad genética de la quinua debe ser aprovechado para potenciar los beneficios que este cereal mantiene, en particular cuando se trata de las áreas agroindustrial y nutricional, dado que la quinua representa uno de los alimentos con altos índices de proteínas, superando incluso a los granos como el arroz, el trigo o el maíz y comparándose con fuentes esenciales como la leche, el huevo o la carne.

Asimismo, los valores proteicos de esta planta permiten contribuir con el desarrollo de nuestro organismo, ya que ayudan a conservar el calor y la energía del cuerpo. A su vez, es un alimento que puede digerirse con facilidad, lo cual permite una mayor absorción de nutrientes esenciales y faculta que sea incluida en una dieta balanceada y se complemente con otros alimentos, incluso puede reemplazar alimentos de origen animal en casos de dietas que evitan el consumo de carnes.

1.2. Origen y distribución de la quinua

Se tiene conocimiento de que la quinua es uno de los alimentos ancestrales de las zonas altoandinas, incluso se tiene muestras desde épocas incaicas, lo cual ha expandido y diversificado su material genético hasta la actualidad.

En este sentido, Arichávala e Idrovo (2020) ratifican que las comunidades antiguas se referían a la quinua como "el grano de oro de los Andes", dado que, para los antiguos incas, este era considerado como un alimento sagrado y utilizado con fines medicinales. Aunado a ello, hay investigaciones en las cuales se señala que sus orígenes se hallan en la cuenca del lago Titicaca. Asimismo, los autores destacan el cultivo de la quinua como parte de la tradición aimara, en la cual se narra que en el lago Titicaca hubo una época de sequías que duró varios años y ello provocó muchas pérdidas de los cultivos que se desarrollaban en los alrededores y trajo como consecuencia hambruna para la población; esto último produjo numerosas muertes, sin embargo, los sobrevivientes pudieron subsistir alimentándose de plantas, semillas y granos que se producían al lado de los muertos. Entre estos alimentos, se encontraba la quinua, o en aimara, conocida como *jiwra*, lo que se traduce en español como "levanta moribundos"; por tanto, de acuerdo con tal leyenda, los orígenes se remontan a la cuenca del lago Titicaca.

Sin embargo, el cultivo de la quinua se fue perdiendo a raíz de la llegada de los españoles, quienes, al tener carencias de alimentos traídos de tierras europeas, se veían obligados a consumir productos de tierras del Nuevo Mundo. Entre estos productos estaba la quinua. No obstante, como este grano no era del agrado de los españoles, fue perdiendo valor entre los pobladores nativos, los cuales eran obligados a trabajar ciertos cultivos, centrándose más en la producción de papa y maíz. El cultivo de unos pocos productos afectó notablemente a los suelos por el desequilibrio en su mantenimiento e, incluso, se sufrió una pérdida considerable de productos esenciales que eran consumidos por los pobladores de aquellas épocas. Posteriormente, con el pasar de los siglos, la quinua fue revalorada hasta llegar a convertirse actualmente en uno de los productos más producidos de la zona andina.

Respecto a la distribución de la quinua, los autores Arichávala e Idrovo (2020) sostienen que la producción de quinua se lleva a cabo en zonas andinas que comprenden a los países de Perú, Bolivia y Ecuador, como los más grandes volúmenes de producción, y Colombia y Chile, en segundo lugar.

Por su parte, Ramírez *et al.* (2016) argumentan que la quinua se distribuye desde los 5° latitud norte, en las regiones del sur de Colombia, se extiende hasta los 43° latitud sur de Chile, se eleva hasta los 4000 m s. n. m. en zonas del altiplano entre Perú y Bolivia, y atraviesa zonas de la costa, los valles interandinos y la puna. Asimismo, las regiones de producción son las siguientes:

- Colombia: se diversifica en el departamento de Nariño y por localidades como Ipiales, Puerres, Contadero, San Juan, Mocondino, Córdova y Pasto.

- Ecuador: se extiende por Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Imbabura, Atacunga, Cuenca, Ambato y Loja.

- Perú: se produce en Cajamarca, el Callejón de Huaylas, el Mantaro, Cusco, Puno y Andahuaylas.

- Bolivia: se extiende desde el Altiplano, Oruro, Potosí, los valles de Cochabamba, Tarija y Chuquisaca.

• Chile: se produce desde el Altiplano chileno y Concepción.

• Argentina: los cultivos son aislados en Jujuy y Salta, pero se amplían en los valles Calchaquíes de Tucumán.

1.3 Importancia de la quinua

Al conocer la gran distribución que tiene la quinua, se considera también que su gran extensión no solo se debe a la versatilidad con la que puede ser cultivada, gracias a su poder de adaptación a suelos y cambios climáticos, es relevante destacar también que su producción se debe a grandes beneficios alimentarios y medicinales que la planta posee.

Por su parte, García y Plazas (2018) argumentan que los cultivos de quinua son considerados de gran importancia para las agriculturas familiar y campesina, dado que les aporta autonomía y soberanía alimentarias, lo que permite también la adaptación de este cultivo en otros territorios. Asimismo, el cultivo a pequeña escala demuestra que la producción de quinua puede llevarse a cabo con poca inversión económica, lo que resulta ser una gran ventaja para las familias rurales que dependen de su producción para la comercialización y para el consumo familiar.

En esta línea, los organismos gubernamentales han contribuido de cierta manera en la producción de este alimento a través de políticas públicas que fortalecen el consumo de la quinua y la comercialización del producto a niveles interno y externo. La importancia de este grano también radica en la versatilidad para ser producida en varios tipos de suelo, lo cual permite su expansión en más zonas geográficas en distintos niveles de altitud y latitud, además de brindar la posibilidad de que más familias agricultoras puedan beneficiarse de sus cultivos.

Por su parte, Domínguez *et al.* (2018) resaltan que la importancia de la quinua radica en los valores nutricionales y medicinales que se atribuyen al uso de este grano. Respecto a sus valores nutricionales, la quinua se considera como un alimento con altos índices proteicos y aminoácidos esenciales, así como grasas naturales, minerales, vitaminas y almidón. Incluso se le puede atribuir el título de "grano madre", dado que sus propiedades son comparables con la leche materna por los niveles nutricionales.

Respecto al uso medicinal, la quinua se considera como un superalimento porque aporta numerosos beneficios para la mejora de enfermedades degenerativas, como alzhéimer, cáncer, artritis, osteoporosis, entre otras afecciones. Adicionalmente, las bondades que tiene en la producción de enzimas hepáticas antioxidantes, lo que contribuye en la reducción del daño en el endotelio vascular, la producción de radicales libres, la mejora en la disfunción endotelial y la reducción de oxidación de moléculas lipoproteínas de baja densidad.

Por tanto, se determina que la producción de quinua es de gran aporte a nivel económico para las familias productoras, se destaca su importancia en los valores nutricionales que se forman en torno a su cultivo; aunado a ello, se puede resaltar los beneficios a nivel medicinal y promover el consumo de dicho alimento y la producción local de la quinua.

1.4 Fases fenológicas de la quinua

Toda planta presenta una serie de etapas durante su crecimiento, teniendo en cuenta la

emergencia de estas, los brotes, el florecimiento y los frutos, según sea el caso; a estas etapas se les da la terminación de fases fenológicas y la producción de quinua no es la excepción al proceso.

En estos términos, Montes et al. (2018) argumentan que el ciclo fenológico de la quinua presenta doce fases, sin incluir en este la germinación de la semilla:

• Emergencia: se produce cuando la plántula llega a romper la superficie del suelo donde la semilla fue germinada.

• Aparición de hojas verdaderas: se produce con la aparición de la primera hoja extendida, fuera de aquellas hojas cotiledonales.

• Cuatro hojas verdaderas: se generan cuando aparecen dos pares de hojas verdaderas extendidas, mientras que las hojas cotiledonales van a seguir de color verde.

• Seis hojas verdaderas: esta fase tiene similitud con la fase de cuatro hojas verdaderas, solo que en esta se abarca un par más de hojas verdaderas extendidas, a ello se añade que las hojas primarias tienen la presencia de una tonalidad amarillenta por senescencia.

• Ramificación: cuando se produce la aparición de cuatro pares de hojas verdaderas extendidas y, junto a ellas, hojas axilares que se extienden al tercer nudo; asimismo, se da la caída de las hojas primarias, lo que conlleva dejar una cicatriz en el tallo y la aparición de inflorescencia protegida en las hojas, todo ello sin dejar al descubierto la panoja.

• Inicio de floración: esta fase se desarrolla cuando la flor hermafrodita apical se despliega, de tal modo que permite mostrar los estambres separados y, a su vez, notar las anteras protegidas por el perigonio verde en los glomérulos.

• Floración: se produce al tener la mitad de las flores de inflorescencia abierta, en la cual la planta va a eliminar las hojas inferiores.

• Grano lechoso: corresponde al líquido lechoso que se forma al presionar los frutos que se hallan en los glomérulos de la panoja.

• Grano pastoso: hace referencia a la consistencia pastosa blanca al presionar los frutos.

• Madurez fisiológica y madurez de cosecha: es cuando existe resistencia en el grano al ser presionado por las uñas, en dicha etapa se da inicio al amarillamiento de la planta.

• Inicio de formación de panoja: corresponde a la emergencia visible de la inflorescencia en el ápice de la planta; asimismo, se visualiza una aglomeración de hojas que cubre la panoja.

• Formación de panoja: se da la observación de botones florales individuales en los glomérulos de su base, así como la inflorescencia sobre las hojas.

1.5 Características de la quinua

La quinua tiene una gran variedad genética, gracias a su capacidad de adaptación a suelos y

cambios climáticos, lo cual desencadena una serie de diferencias entre cultivos, aun cuando se trata de la misma familia, empero, se destacan las características generales que se le atribuyen.

En esta línea, Fairlie (2016) distingue que la quinua posee proteínas, aminoácidos, como fenilamina, treonina, metionina, valina y triptófano, vitaminas E y C, que abarcan el complejo B, con alto contenido en potasio, fósforo y lisina en proteína. Por otra parte, la quinua es un alimento que no contiene gluten, lo que hace que se considere como alimento medicinal y nutricional.

Por otra parte, Zamudio (2018) añade las siguientes características:

• Raíz: es pivotante, se extiende rápido después de la ramificación del tallo y puede llegar hasta los 30 cm de profundidad.

• Tallo: es cilíndrico y anguloso, alcanza de 0,4 a 3 cm de longitud y cabe destacar que el grosor disminuye en la base del ápice.

• Ramas: se originan en las axilas de cada hoja, su longitud es variable, dado que puede tener unos centímetros o alcanzar la longitud del tallo, dependiendo de las condiciones ambientales y el tipo de cuidado o cultivo que se realice.

• Hojas: son romboidales o triangulares, las hojas superiores son lanceoladas o triangulares también. Igualmente, cabe destacar que las hojas inferiores triangulares tienen una mayor presencia que aquellas en forma romboidal, mientras que las superiores y lanceoladas tienden a ser más dominantes.

• Flores: la quinua se caracteriza por tener la presencia de tres tipos de flores: las hermafroditas, las pistiladas y las androestériles. La cantidad de flores va a depender del genotipo de la planta, lo cual se dará en situaciones cuando solo haya flores pistiladas.

• Fruto: el fruto es aquenio y cubierto por perigonio, la coloración depende del color del perigonio, pudiendo ser esta verde, roja o púrpura.

1.6 Plagas de la quinua

Todo cultivo requiere de ciertos cuidados para llevar a cabo un proceso adecuado y saludable, entre estos pasos a seguir se da la inclusión de un control de plagas, considerando que es un mal inherente a todo cultivo, de tal modo que reconocer las plagas que aquejan a los cultivos de quinua permitirá tener conocimiento acerca de qué manera puede hacerse frente a esta problemática.

En estos términos, Chavez (2018) indica que las plagas que afectan a los cultivos de quinua se agrupan en función del tipo de daño que provocan, por lo cual se forman cuatro grandes grupos.

a) Cortadores de plantas tiernas

Las especies que se asocian a este grupo de plagas son *Feltia* experta, *Agrotis ipsilon*, *Spodoptera eridania y Copitarsia turbata*, que se encuentran en la familia *Noctuidae* y pertenecen al orden Lepidóptera. Cabe destacar que los daños provocados por estas plagas se dan en la fase de cultivo inmaduro, lo cual implica que se encuentran en estado larval, de tal modo que atacan a la quinua en

las primeras fases o también llamadas etapas emergentes.

b) Minadores y destructores de granos

En el grupo de los minadores, se encuentra la plaga más importante y dañina para los cultivos de quinua, siendo esta el kcona kcona, que consta de larvas de primera generación que minan y se pegan hojas, así como los brotes tiernos. Las plagas, a su vez, también destruyen inflorescencias, mientras que las larvas que pertenecen a la segunda generación destruyen los granos, pastosos, lechosos y maduros, así como las inflorescencias que ya están formadas.

c) Masticadores y defoliadores

Entre los masticadores, se halla la *Epicauta latitarsis*, o también conocida como el escarabajo negro, así como la *Epitrix yanazara* y la *Epitriz subcrinita*. Los daños que causan estos tres insectos se producen durante el estado adulto de la planta, por ejemplo, los escarabajos destruyen las hojas y las inflorescencias en estado tierno y sus ataques a la planta de la quinua tienen mayor intensidad en periodos de sequía, los cuales, en casos severos, puede llegar a destruir cultivos enteros en poco tiempo. Por su parte, la *Epitrix yanazara* perfora las hojas a manera de perdigones, por lo que sus ataques son notorios en las primeras etapas de los cultivos.

d) Picadores-chupadores

Esta plaga se caracteriza por producir daños a gran escala, dado que los pulgones, aparte de producir daños sobre los cultivos, también son agentes transmisores de enfermedades para los animales y las personas que se encuentran cerca de los campos.

Plagas de aves

La categoría de agentes destructores de los cultivos de quinua no solo comprende a grupos de insectos, sino que también incluye a las aves que puedan causar grandes daños sobre la producción, dado que las plagas de aves representan un impedimento para la producción y el rendimiento de los cultivos.

En esta línea, de acuerdo con Cruces *et al.* (2016a), las especies de aves que dañan los cultivos de quinua son las siguientes:

a) *Patagioenas maculosa* (Temmink, 1813)

Debido a que los ejemplares de esta especie son palomas granívoras, estas se alimentan básicamente de cebada, trigo, avena, quinua y cañihua. Estas aves pueden ser vistas en grandes bandadas sobre los campos de quinua, principalmente sobre las panojas. Las palomas se posan sobre las panojas produciendo la caída de estas, lo cual es aprovechado por estas aves para alimentarse.

b) *Zenaida auriculata* (Des Murs, 1847)

Son palomas de 23 a 28 cm de longitud que suelen hallarse en grupos de gran tamaño. Ellas acostumbran a sentar sus nidos sobre arbustos y árboles. También tienen una gran capacidad para reproducirse, la cual produce que aumente el número de estas aves granívoras sobre los campos de

cultivo durante gran parte del año.

c) Metriopelia melanoptera (Molina, 1782)

Los ejemplares de esta especie se alimentan mayormente de semillas silvestres, pero suelen frecuentar zonas agrícolas en búsqueda de granos andinos como la quinua para alimentarse.

d) Metriopelia ceciliae (Lesson, 1845)

Son palomas de 17 a 18 cm de longitud que conforman bandadas pequeñas y se alimentan de granos andinos de los pajonales de cordillera como la quinua y la cañihua. Esto último sucede cuando estos granos son acopiados y su extensión abarca las zonas andinas de Argentina, Bolivia, Perú y Chile.

e) Columbia livia (Gmelin, 1789)

Estas aves tienen una longitud de 35 a 37 cm. Ellas habitan tanto en la ciudad como en el campo. En las ciudades ellas se alimentan de granos, desperdicios y alimentos que consiguen en los parques y hogares, mientras que en el campo se alimentan de granos de los campos de cultivo, entre ellos la quinua.

f) Zonotrichia capensis (Muller, 1776)

Son gorriones que miden entre 14 a 15 cm. Su alimentación consiste en granos, insectos (principalmente los que son terrestres) y semillas, tales como trigo, avena, cebada, quinua y cañihua. En zonas urbanas, estas aves se alimentan de restos de comida.

g) *Sicalis uropygialis* (D'Orbigni y Lafresnaye, 1837)

Son aves de 13 a 14 cm que se distribuyen en zonas rocosas, laderas pedregosas, pastizales y plantas herbáceas, incluyendo la puna y otras zonas altas, desde los 3200 a los 4800 m s. n. m. Estas aves se alimentan de semillas e insectos que están en los suelos o se encuentran en los granos de cultivo.

h) *Phrygilus punensis* (Ridgway, 1887)

La alimentación de esta ave consiste en semillas principalmente, como las inflorescencias de la *Puya raimondii*; mientras que, en hábitats ubicados en el Altiplano, se observa que consumen granos andinos, entre ellos la quinua.

i) *Phrygilus fruticeti* (Kittlitz, 1833)

Son aves de 17 cm de longitud y que generalmente se desplazan en territorios que abarcan Argentina, Chile y el Altiplano de Perú-Bolivia. El ciclo de reproducción de estas aves dura todo el año y gran parte de su alimentación se centra en los granos andinos.

j) Phrygilus plebejus (Tschudi, 1844)

Son aves de 11 a 13 cm, habitan principalmente en laderas, zonas pedregosas y pajonales que tienen baja vegetación. Esta especie mayormente prefiere zonas secas y hábitats abiertos, incluso si se encuentran en zonas altoandinas, desde la sierra de Ecuador hasta Antofagasta en Chile. Ellas se alimentan de semillas que se hallan en los suelos y en perchas sobre las rocas. También se alimentan de cactus y arbustos y en zonas del Altiplano se alimentan de los cultivos de granos andinos.

k) *Sporagra atratus* (Lafresnaye y D'Orbigny, 1837)

Estas aves miden de 12 a 13 cm de longitud, aproximadamente, se alimentan de plantas herbáceas y semillas como el *Senecio sp.*, en el cual suelen posarse. Por otra parte, los ejemplares de esta especie no suelen consumir las semillas que hallan en los suelos, sino que gustan alimentarse de los cultivos de quinua, por esa razón, se posan sobre las panojas para poder obtener su alimento.

l) *Turdus chiguanco* (Lafresnaye y D'Orbigny, 1837)

Miden de 25 a 27 cm de longitud y se consideran aves omnívoras, pues su alimentación consiste en bayas de solanáceas, insectos y restos de comida, aunque su alimentación también incluye granos de cebada, trigo, quinua u otros, pero en menor cantidad. Estas aves acostumbran a comer sobre los follajes de arbustos o en el suelo, de modo que los restos suelen caer sobre los cultivos nuevamente.

A partir de lo expuesto, se puede hacer una distinción entre el daño ocasionado por las aves plaga y los insectos, puesto que, si bien las aves dañan de alguna forma a las plantas, los daños provocados por los insectos son mucho mayores e irreversibles sobre las producciones enteras. Sin embargo, para ambos casos es recomendable tomar acciones preventivas con el fin de controlar la llegada de estos seres que generalmente habitan alrededor de nuestros campos de cultivo.

CAPÍTULO II

Principios básicos de los hongos endófitos y los microorganismos eficientes

La producción de quinua, a través de su proceso de cultivo, se ve afectada por una serie de elementos, tales como la mala calidad del suelo, la mala calidad de las semillas y la aparición de plagas que estas destruyen los cultivos. Por otra parte, la producción de quinua también presenta elementos que cumplen una doble función, tales como los hongos endófitos y los microorganismos eficientes. Estos últimos se benefician de los cultivos, pero también la planta de quinua se ve favorecida, con lo cual se establece una relación recíproca para ambas partes.

2.1. Hongos endófitos

Los hongos son microorganismos que pueden adaptarse a diferentes formas de vida. Esta característica les permite desarrollarse en diferentes tipos de nicho ecológico, lo cual resulta importante para el adecuado funcionamiento de los ecosistemas, dado que estos organismos cumplen el papel de equilibrador en dicho sistema.

De acuerdo con Paris (2016), una aproximación al concepto de los hongos endófitos, podría iniciar desde el aspecto etimológico. *Endófito* quiere decir, etimológicamente, 'dentro de la planta'. Por esa razón, el término *endofitismo* hace referencia a una relación recíproca, de costo-beneficio, asintomática y transitoria, que se establece dentro de los tejidos vivos de las plantas. Además, como es sabido, este tipo de hongos desarrolla su ciclo de vida dentro de los tejidos de las plantas en que se instalan, no obstante, no producen daños de gravedad.

Paris (2016) también añade que la transmisión de estos microorganismos endófitos ocurre de dos maneras: vertical y horizontal, siendo la más común la horizontal, dado que esta se produce a través de la producción de esporas externas. Esta producción de esporas permite una dispersión a través del aire, lo cual causa la infección a otras plantas. Por otra parte, la transmisión vertical se produce cuando la semilla es infectada por el hongo directamente y se transmite durante el proceso de crecimiento de la planta.

Hay hongos endófitos que se extienden desde el Ártico hasta los trópicos, lo cual permite que estos microorganismos se extiendan por largas distancias y en grandes campos agrícolas. El interés respecto a estos microorganismos ha ido incrementándose gracias a la producción de metabolitos secundarios y la actividad biológica particular que presentan.

La mayoría de los hongos endófitos pertenecen al filo *Ascomycota*, aunque también hay hallazgos en *Basidiomycota*, *Zygomycota y Omycota*. De acuerdo con la historia de vida y la filogenia, estos hongos se clasifican en dos grandes grupos: los clavicipitáceos y los no clavicipitáceos. El grupo de los clavicipitáceos corresponde a endófitos que colonizan zonas de pastizales, mientras que el grupo de los no clavicipitáceos se caracteriza por colonizar plantas vasculares, coníferas, helechos y angiospermas.

Cabe resaltar que los hongos endófitos, aun cuando son microorganismos que habitan o infectan las plantas hospederas, no producen grandes daños, sino que en muchas ocasiones se produce una

relación de costo-beneficio entre ambas partes involucradas.

2.2. Diversidad y distribución

Los hongos endófitos tienen la capacidad de hospedarse en una gran variedad de plantas, incluso, existe evidencia de hallazgos de estos hongos en plantas acuáticas. De igual manera, la edad que tiene la planta influye mucho en la diversidad de hongos que esta pueda contener.

Según Puente (2017), la complejidad estructural de los bosques tropicales favorece la existencia de una gran diversidad de microclimas y hábitats, y esto permite que prolifere una variedad de microorganismos como los hongos endófitos. En el caso de los bosques subandinos, debido a que contienen ecosistemas con una amplia biodiversidad, también presentan una pluralidad de hongos endófitos. Además, de acuerdo con este autor, las plantas de zonas altoandinas que se caracterizan por tener bajas temperaturas, presentan un bajo nivel de nutrientes en sus tejidos por la presencia de hongos endófitos, generalmente oscuros o *dark septate endophytes* (DSE).

Por otra parte, en zonas como Brasil y Argentina, la diversidad de hongos endófitos existente se asocia a plantas arbóreas pertenecientes a la familia *Myrtaceae*. Asimismo, en las zonas ecuatorianas, la presencia de hongos endófitos en los ecosistemas se produce en conjunto con la de hongos *Tulasnellaceae*. Asimismo, a los árboles como las otobas juveniles que pertenecen a las familias *Myristicaceae* e *Hypericaceae*, se los asocia frecuentemente a los hongos endófitos por presentar estos microorganismos en sus tejidos vegetales.

2.3. Colonización de hongos endófitos

Los hongos endófitos pueden producir efectos positivos en las plantas donde se alojan siempre y cuando se logre establecer una relación recíproca entre ambas, es decir, que cada una aporte algún elemento necesario para la otra parte. Esta reciprocidad se consigue cuando las plantas, por lo general, proveen sustancias nutritivas y los hongos brindan protección contra plagas y enfermedades. No obstante, el exceso en alguna de las partes sí puede producir efectos negativos, por ejemplo, en el caso del hongo, depende mucho de cómo este haya desarrollado la colonización de la planta hospedera y si la finalidad era dañarla o establecer una relación de mutuo beneficio.

De acuerdo con Mamani (2017), existen investigaciones en la cual se usaron seis especies de hongos endófitos presentes en las hojas en árboles de cacao (*Theobroma cacao L.*) para inocular las hojas de plántulas libres que estaban siendo atacadas gravemente por el hongo *Phytophthora sp.* Este procedimiento permitía controlar los daños ocasionados en estas plántulas. También podemos destacar que las sustancias antibióticas producidas por los hongos endófitos inhiben la reproducción de agentes patógenos que atacan a las plantas hospederas. De esta forma, los hongos endófitos actúan como un mecanismo de defensa para la planta.

Resulta interesante analizar el comportamiento de los hongos endófitos, pues se puede observar que estos suelen colonizar gran parte de las plantas en las que se hospedan para que otros hongos, generalmente patógenos, no habiten o invadan el mismo espacio en la planta.

En síntesis, se puede afirmar que los hongos endófitos, aun cuando produzcan efectos positivos en las plantas en las que se hospedan, no significa necesariamente que se favorezca o garantice el crecimiento normal de la planta. Por esta razón, se debe llevar un control regular sobre los cultivos

de manera que las condiciones ambientales u otros factores no perturben la relación de mutuo beneficio que se establece entre hongo y planta.

2.4. Transmisión y adquisición de endófitos

La infección de plantas provocada por hongos se genera mediante diversos mecanismos de transmisión. El tipo de transmisión va a depender de una variedad de factores como las condiciones climáticas, los suelos, los insectos, entre otros.

Según Cervantes y Reyna (2019), los hongos endófitos presentan tres mecanismos de transmisión sobre el tejido vegetal: llegada e incorporación de esporas aerotransportadas, transmisión por semillas y esporas inoculadas por insectos directamente en plantas.

- Llegada e incorporación de esporas aerotransportadas: Este mecanismo también se denomina transmisión horizontal. Se caracteriza por ser el más conocido y se da en plantas leñosas en las cuales los hongos se dispersan a través de esporas.

- Transmisión por semillas: La transmisión a través de las semillas se produce cuando los hongos endófitos son transmitidos mediante las semillas de una generación de plantas hospederas a otra.

- Esporas inoculadas por insectos directamente en plantas: Se da cuando un insecto absorbe y transporta una semilla infectada para luego posicionarla sobre otra planta, de este modo, la nueva planta se ve infectada por el contacto con la nueva semilla. A esta transmisión también se le puede denominar transmisión vertical.

De esta manera, se concluye que existe una variedad de formas en que se transmiten los hongos endófitos; aun cuando la producción se lleve de manera habitual y con todos los cuidados posibles, las plantas pueden verse infectada por factores externos.

2.5. Mecanismos para la protección de plantas contra agentes patógenos

Se sabe que los hongos endófitos invaden las plantas cuando estas están en sus etapas de emergencia o de crecimiento. Sin embargo, estos hongos no suelen ser invasivos a gran escala, además, los daños que ocasionan son mínimos y generalmente cumplen un papel como agentes protectores de las plantas ante patógenos e insectos.

De acuerdo con Silva *et al.* (2020), las condiciones del medioambiente, así como las características del hospedante pueden provocar que los hongos endófitos tengan comportamientos patógenos, saprófagos o mutualistas. Los hongos convertidos en patógenos permanecen en la planta hasta que las condiciones sean favorables y puedan inducir la enfermedad. Por su parte, los saprófagos se encargan de absorber los nutrientes de las plantas, a tal punto de dejar que esta muera. Por otra parte, los hongos endófitos de relación mutualista, se caracterizan por ser la mayor parte de los hongos que habitan en las plantas y por inducir una resistencia en las plantas que las hospedan a fin de que estas puedan soportar las condiciones del entorno donde se desarrollan.

En una relación mutualista se otorgan beneficios protectores a las plantas. En esta relación, los hongos asimilan los nutrientes que las plantas producen y a cambio de ello, benefician a la planta

y le brindan facilidades para un mayor crecimiento o, en su debido caso, activan los mecanismos de defensa para factores externos, por ejemplo, ante un ataque estrés de naturaleza biótica o abiótica.

Algunos autores señalan que los hongos endófitos contribuyen a una colonización de plantas, dado que brindan los beneficios de biofertilización, anulación de enfermedades, protección contra plagas, estrés y entre otras afecciones. Cabe destacar que los efectos positivos se consiguen debido a la habilidad de los hongos de superar las defensas iniciales que tienen las plantas. De esta forma, los hongos endófitos se convierten en los primeros colonizadores de las plantas, las protegen de plagas venideras y promueven una relación benéfica.

Por su parte, Flores-Pacheco (2017) distingue que las plantas que contienen hongos endófitos en su interior presentan mejoras respecto a sus niveles de crecimiento; asimismo, tienen una mayor resistencia a las sequías y una tolerancia a las condiciones del suelo, así como a depredadores herbívoros y patógenos.

Los beneficios que producen los hongos frente a agentes patógenos se clasifican en tres grupos: directos, indirectos y ecológicos.

a) Directos

En cuanto a los efectos directos, estos se dan cuando los hongos suprimen el agente patógeno a través de la producción de antibióticos.

b) Indirectos

Se produce cuando los hongos endófitos permiten la reducción de daños de los patógenos, lo cual induce a la planta a establecer resistencia y estimula la producción de metabolitos, de tal modo que incrementa la actividad fisiológica.

c) Ecológicos

Referente a los efectos ecológicos, se da cuando los hongos ocupan los nichos ecológicos y también con procesos de hiperparasitismo y una depredación.

Al hongo endófito *Trichoderma sp.* se atribuye una mayor capacidad para enfrentar agentes patógenos, gracias a su habilidad para parasitar a otros hongos.

2.6. Trichoderma sp.

Se tiene conocimiento de que las plantas son habitadas por parásitos durante su proceso de crecimiento; no obstante, cabe destacar que no todos los agentes que habitan en ella pueden ser negativos, como sucede con los hongos endófitos. Estos hongos pueden establecer una relación mutualista benéfica, como sucede con el *Trichoderma sp.*, que es utilizado para un control de agentes patógenos externos.

En este sentido, Cutipa (2017) argumenta que el *Trichoderma sp.* se ha distribuido por una variedad de ecosistemas, lo que ha permitido a este género de hongos establecerse desde zonas aisladas habitadas por bosques, hasta en tierras agrícolas. Asimismo, este hongo puede extenderse

en varias latitudes, lo que facilita su introducción a una diversidad de plantas.

Mientras tanto, López-Ferrer *et al.* (2017) ratifican que el hongo *Trichoderma sp.* es un antagónico de otros agentes patógenos de las plantas, esto significa que se opone a la presencia de cualquier otro organismo. Por esta razón, es uno de los más usados para los controles biológicos de patógenos ajenos. Además, este hongo tiene cierta influencia sobre el nivel de crecimiento de las plantas, lo que le otorga un beneficio adicional a su introducción en los tejidos internos.

Por otra parte, se añade que este hongo puede producir tres tipos de propágulos, siendo estos las hifas, las clamidosporas y los conidios. Cabe destacar que estos propágulos son los que se activan para hacer frente a los fitopatógenos en las etapas del ciclo de vida de las plantas, desde el momento de la germinación de las esporas hasta la fase de la esporulación.

2.7. Microorganismos eficientes

Los cultivos suelen tener la presencia de microorganismos en sus tejidos internos, los cuales pueden tener efectos benéficos o, según sea el caso, afectar la estructura de los hospederos. Cabe destacar que estos organismos suelen introducirse en las plantas en su estado natural y de manera independiente; sin embargo, existen ocasiones en las cuales es necesario la introducción de hongos de forma externa y manual, a través de productos externos, para desarrollar los beneficios que las plantas necesitan.

En estos términos, Luna y Mesa (2016) sostienen que los microorganismos eficientes, efectivos o eficaces, corresponden a cultivos mixtos de microorganismos que son beneficiosos naturalmente para los cultivos, cabe destacar que estos no han sido manipulados a nivel genético o sintético, de tal modo que pueden estar en un ecosistema natural sin representar grandes riesgos; asimismo, estos pueden ser compatibles con otros organismos y desarrollar, de ese modo, sus potencialidades benéficas.

Además, añade que, cuando estos microorganismos son inoculados en un entorno natural, se amplían los efectos individuales de cada uno de ellos y de manera sinérgica, teniendo acción en la comunidad y resaltando los efectos benéficos sobre los hospederos. De este modo, la diversidad de microbios se incrementa en los suelos y ello representa un incremento en la calidad y la salud del suelo, lo que implica un mayor rendimiento de los cultivos.

Asimismo, estos microorganismos son clasificados en bacterias fotosintéticas, así como aquellas que producen ácido láctico, levadura, hongos fermentadores y actinomicetos.

a) Bacterias ácido lácticas

Se tiene conocimiento de que la industria alimentaria ha utilizado durante años las bacterias ácido lácticas, gracias a sus capacidades para atribuirles textura, olores y sabores agradables para los alimentos que son fermentados.

De acuerdo a Heredia-Castro et al. (2017), las bacterias ácido lácticas pertenecen a un grupo de bacterias que han sido clasificadas como grampositivas, las cuales no son formadoras de esporas, no presentan motilidad y tienen forma de coco o bacilo. Asimismo, estos hongos siendo microaerofílicos o anaerobios facultativos, tienen la capacidad de sintetizar ácido láctico durante el proceso de

fermentación.

Por su parte, Cobo-Monterroza *et al.* (2019) añaden que estas bacterias constituyen la mayor parte de los microorganismos que son utilizados como cultivos iniciadores, gracias al rol que cumplen en la producción de ácido láctico y la contribución en la formación de cuajadas, así como en la inhibición de desarrollo de agentes patógenos.

De esta manera, se concluye que las bacterias ácido lácticas, aun cuando corresponden a un grupo de microorganismos, tienen múltiples beneficios para la producción de alimentos. De igual manera, cabe destacar que estas bacterias deben controlarse al momento de ser introducidas para que no se produzcan efectos adversos no deseados sobre los alimentos.

a) Levaduras

Los microorganismos como las levaduras pueden establecer grandes impactos positivos sobre la producción de alimentos, de modo que incrementan una producción sostenible y permite también la reducción de agentes químicos.

En estos términos, Alonso (2020) menciona que las levaduras son hongos unicelulares, los cuales presentan un estado asexual, el cual se da como fin de los procesos de gemación o fisión; a su vez, un estado sexual no va a desarrollarse dentro de algún cuerpo fructífero.

Asimismo, estas levaduras se clasifican en ascomicetos, teniendo entre ellas *Candida sp.*, *Saccharomyces sp.*, *Pichia sp. y Meyerozyma sp.*; mientras que en el grupo de basidiomicetos se encuentran *Rhodotorula sp.*, *Cryptococcus sp.*, entre otros. A su vez, las levaduras tienen la capacidad de formar esporas sexuales dentro de ascas o sobre basidios, por esa razón, no están atrapadas dentro de los cuerpos fructíferos, a diferencia de los filamentosos. Cabe destacar que la reproducción de las levaduras es asexual, además, se considera que desarrollarse en ambientes líquidos es una adaptación de esta especie que le permite que estas se reproduzcan aun estando dentro de biopelículas o suspendidas.

Por tanto, las levaduras se pueden encontrar en diversos organismos, ya sea en hojas de plantas, suelos, flores, agua de río, entre otros, incluso se hallan rastros en la superficie de la piel o tracto intestinal en los animales, esto implica que las levaduras puedan vivir como parásitos internos.

b) Bacterias fototróficas

Entre los microorganismos eficientes, existe una variedad de bacterias, cuyo crecimiento depende de la energía que reciben de la luz y las fuentes de carbono que proceden del dióxido de carbono o, en su debido caso, del carbono orgánico.

En estos términos, para Tanya y Leiva-Mora (2019), las bacterias fototróficas, o también denominadas fotosintéticas, se encuentran representadas por dos especies predominantes, *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, así como los microorganismos autótrofos facultativos.

En este sentido, se atribuye la energía recibida a partir de las fuentes de carbono de aquellas moléculas orgánicas que se producen de los líquidos expulsados por las raíces de las plantas, así como de la luz solar y el calor del suelo.

De acuerdo a su clasificación, las bacterias Rhodopseudomonas palustris son bacterias fototróficas facultativas, las cuales se denominan bacterias púrpuras del azufre. Esto implica que puedan tener la capacidad de producir aminoácidos, hormonas, vitaminas, ácidos orgánicos y azúcares, los cuales pueden ser usados por otros microorganismos que sean heterótrofos para contribuir con el crecimiento de las plantas.

Por su parte, las *Rhodobacter sphaeroides* son bacterias fotosintéticas que se distinguen por ser una clase que puede habitar en aguas dulces y saladas. Por otro lado, también se producirá la formación de una película rosada sobre las superficies del agua. Por otro lado, la actividad fotosintética que tiene esta clase de bacterias presenta una diversidad metabólica, la cual incluye respiración aeróbica como anaeróbica, fijación de nitrógeno, síntesis de tetrapiroles, entre otros.

2.8. Usos y efectos de microorganismos eficientes

Se tiene conocimiento de que los microorganismos eficientes se dividen en tres grandes grupos, de tal modo que se resalta la importancia que tienen estos referentes respecto a la producción de alimentos, cultivos u otros; con lo cual se destaca la importancia y los beneficios que estos microorganismos representan de acuerdo a sus características, sus funciones y al campo donde se utilizará para potenciar las ventajas.

En este sentido, Vargas (2019) ratifica que uno de los usos de los microorganismos eficientes se da para degradar residuos sólidos y otros productos asociados a la producción de compost, todo ello gracias a la capacidad de descomposición y fermentación que tienen estos microorganismos sobre los desechos orgánicos. Esta capacidad de descomposición también permite la formación de abono natural y la reducción de los olores de la descomposición, de este modo se evita la aparición de insectos como moscas. En síntesis, con estos microorganismos se reduce la contaminación provocada por desechos urbanos o industriales.

Asimismo, es necesario tener en cuenta la capacidad de adaptación de los microorganismos a los ambientes donde se realiza el proceso de descomposición, de manera que puedan ser verificados tanto el proceso de formación y aplicación de microorganismos como el desenvolvimiento de estos sobre los residuos sólidos. Seguir estos pasos permitirá obtener los resultados esperados.

Por su parte, Ostos-Ortiz *et al.* (2019) mencionan que los microorganismos se utilizan para la producción de alimentos como aditivos alimenticios y estos favorecen la producción de nuevos sabores, aromas, texturas e incluso, alimentos.

Estos microorganismos, respecto a las industrias alimentarias, se pueden diferenciar con base en dos funciones: primero, como iniciadoras en los procesos de fermentación de alimentos, en dicho procedimiento se resalta que los microorganismos utilizados no se modifican genéticamente; mientras tanto, en la fabricación de ingredientes, estos sí suelen ser modificados, por lo que los procesos de fermentación se realizan a través de aditivos o metabolitos. Por otra parte, también se han utilizado los microorganismos para la producción de combustible fósil, gracias a las ventajas que tienen sobre las materias primas renovables, las cuales se utilizan para la generación de energía.

De acuerdo con Álvarez (2018), los microorganismos benéficos se utilizarán conforme al grupo al que pertenecen; por ejemplo, los fotosintéticos o fototróficos serán los encargados de sintetizar compuestos que promoverán el desarrollo adecuado de las plantas, mientras que las bacterias ácido

lácticas serán las que se encarguen de promover los procesos de fermentación, como sucede con la producción de yogur; a su vez, estas contribuyen con la descomposición de vegetales y pueden suprimir a los microorganismos que generan enfermedades y plagas en las plantas. Finalmente, las levaduras, a partir de aminoácidos y azúcares, serán aquellas que estén presentes en los procesos de producciones panaderas y de bebidas alcohólicas como la cerveza y los vinos.

En síntesis, se determina que los microorganismos, aun siendo bacterias y hongos, tienen múltiples beneficios, ya sea en industrias alimentarias o agrícolas, así como con relación al medioambiente y el combustible.

2.9. Aplicación en agricultura

Los microorganismos tienen presencia en varios procesos y ventajas sobre cada uno de ellos, ya sea en los alimentos, la salud ambiental e, incluso, para la producción de combustibles fósiles, a ello se añade las ventajas que tiene respecto al sector agrícola para un adecuado proceso de cultivo.

Al respecto, Cercado (2020) distingue cinco beneficios específicos de los microorganismos respecto a la producción agrícola:

a) Fitoestimulantes

El uso de los microorganismos eficientes permite estimular el proceso de germinación de semillas, así como el enraizamiento, gracias a la producción de agentes reguladores del crecimiento, la producción de vitaminas y otros nutrientes benéficos.

b) Biofertilizantes

Respecto a los efectos biofertilizantes, se dan con el incremento en la cantidad de nutrientes que tendrán las plantas, todo ello se establecerá gracias a la acción en los ciclos biogeoquímicos, como sucede con la fijación de nitrógeno, así como la solubilización de minerales y la mineralización de ciertos compuestos orgánicos.

c) Mejoradores

Los efectos mejoradores de los microorganismos se deben al cambio o mejora en las estructuras de los suelos de cultivo, de acuerdo a la contribución que los elementos estables hayan desarrollado, como sucede con aquellos que contribuyen al control biológico de patógenos y desenvuelven una relación antagónica de microbio-microbio.

d) Biorremediadores

Respecto a los biorremediadores, se da gracias a la eliminación de productos xenobióticos, como es el caso de pesticidas, fungicidas y herbicidas, lo cual permite una producción sostenible.

e) Mejoradores ecofisiológicos

Estas mejoras se dan en torno al incremento de la resistencia al estrés que atraviesan las plantas, ya sea a nivel biótico o abiótico. En este sentido, el uso de estos microorganismos en la agricultura

es indispensable para la fertilización del suelo de cultivo, puesto que aquellos suelos carentes de flora microbiana tienen mayor riesgo de pérdida de productividad, dada la pobreza y el desequilibrio en los nutrientes, por lo que se requerirá un mayor uso de fertilizantes sintéticos.

De este modo, los microorganismos contribuyen a la nutrición de las plantas, lo cual facilita una mejor adquisición de agua y otros nutrientes necesarios para el crecimiento de estas, así como una adecuada transferencia de nitrógeno y una mayor protección contra procesos como estrés, ataque de agentes patógenos externos, sequía u otros factores.

Por consiguiente, se concluye que los beneficios y los efectos del uso de microorganismos eficientes sobre la agricultura tiene diversas utilidades, ya sea aplicándose sobre la planta o contribuyendo en etapas como la germinación de semillas, el incremento y el desarrollo de flores y frutos, o la reproducción de plantas. Igualmente, estos microorganismos contribuyen sobre el entorno donde se realizan los cultivos con la mejora estructural de los suelos al aumentar la fertilidad. Con estos microorganismos se evita el uso de fertilizantes sintéticos y se genera un efecto indirecto benéfico que favorece la conservación del medioambiente.

CAPÍTULO III

Fundamentaciones esenciales respecto al kcona kcona (Eurysacca sp.)

La producción agrícola requiere de una serie de elementos para llevar a cabo un proceso adecuado durante cada una de sus etapas, tal como sucede con los cultivos de quinua. No obstante, aun cuando se establezcan los cuidados pertinentes, se corre el riesgo de tener la presencia de plagas que pueda afectar la producción a nivel parcial o total, según sea el caso y el tipo de medidas preventivas, es por ello que se resalta la importancia de la complejidad de esta especie de plaga y cómo enfrentar los daños ocasionados.

3.1. Kcona kcona

La quinua se ha visto afectada por varios tipos de plagas, ya sea de insectos o de aves; sin embargo, la que tiene más repercusión negativa y la más común es el kcona kcona, el cual provoca múltiples daños en los cultivos de este grano.

De acuerdo con Huillca (2019), el kcona kcona pertenece a la familia *Gelechiidae*, en la cual se encuentran gusanos frotadores o moledores, y representa una plaga temible, dado que está presente todo el año y muestra una alta densidad poblacional. Esta plaga se distribuye en gran parte de las zonas de cultivo y provoca daños significativos, pero los daños más importantes se dan cuando se encuentra en su estado larval, dado que afecta directamente el nivel de rendimiento del grano de quinua.

Por su parte, Mancilla (2016) añade que en la actualidad existen más de veinte especies de polillas de la quinua, lo que representa un obstáculo importante para la producción de quinua, debido a que estos insectos se pueden distribuir por toda la región andina y habitar zonas áridas y semiáridas.

Se tiene la presencia de la *Eurysacca melanocampta* en zonas que comprenden los 1900 a los 4350 m s. n. m., lo que significa que esta especie de insectos logra distribuirse desde Argentina hasta el sur de Colombia, atravesando países como Chile, Perú y Bolivia. De manera análoga encontramos a la especie *Eurysacca quinoae*, la cual tiene una distribución limitada, dado que se encuentra básicamente entre Perú y Bolivia, y la *Eurysacca* media que se reporta en Argentina y Chile, principalmente.

En este sentido, aun con la localización que ha adoptado cada especie de Eurysacca, no se cuenta con toda seguridad con un reconocimiento de las especies locales según la zona geográfica. Esto implica que no pueda ser totalmente detectada la especie en sus primeras etapas, la cual se reconocería recién cuando estas llegan a la etapa de adultez, lo que dificulta aún más las medidas de prevención sobre los cultivos.

Por tanto, se resalta la importancia de contar con las medidas preventivas necesarias con el fin de minimizar los daños producidos por estos insectos, ya que hay que tener en cuenta que se trata de una plaga que se extiende durante todo el año, afecta notablemente cada etapa de cultivo y tiene los mayores efectos cuando las plantas están en sus primeras etapas de crecimiento. Cuando estos insectos no son identificados de forma temprana se pueden producir daños con rapidez y grandes pérdidas en los cultivos de quinua, dado que esta plaga es la consumidora más grande de quinua.

3.2. Características morfológicas

La *Eurysacca sp.* es considerada como la plaga que genera los mayores daños en los cultivos de quinua. Los daños más significativos se presentan cuando estos insectos se encuentran en estado larval, por esta razón resulta esencial identificar las características morfológicas y a partir de ello tomar las medidas preventivas necesarias.

Al respecto, Barrantes (2016) indica que las características morfológicas varían de acuerdo al estado en el que se encuentra el insecto, ya sea como huevo, larva, pupa o en fase adulta.

a) Huevo

Los insectos cuando se encuentran en esta primera etapa tienen una longitud aproximada de 0,4 a 0,5 mm y 0,3 mm de ancho. Además, en esta fase tienen una forma ovoide cuya superficie es lisa y presentan una coloración inicial blanquecina y brillante, la cual es semejante a las perlas; sin embargo, cuando los huevos están a puertas de eclosionar, la coloración varía y se torna de color café claro, esto se debe a que se está produciendo la formación de la cabeza de los embriones.

b) Larvas

En estado larval, estas son eruciformes y presentan tres pares de patas torácicas y cinco pares abdominales, las cuales tienen aspecto cilíndrico y alargado. En esta etapa, la coloración es verde con manchas castaño claro y oscuro y abarca las áreas subdorsales y supraespiraculares. La cabeza es de tonalidad oscura y el cuerpo cuenta con espiráculos negros y pequeños; de modo que, de una vista frontal, es más ancho que largo. Asimismo, el triángulo cervical es escotado y con la parte frontal divergente, mientras que la frente triangular es alargada y las suturas adfrontales están delimitadas y dispuestas en semicírculos.

Aquellas larvas que recién brotaron tienen un color blanquecino o crema, cuya cápsula cefálica es café y tiene una longitud aproximada entre 0,8 a 1,2 mm, la cual va cambiando de acuerdo al crecimiento y se torna amarillento hasta llegar a una tonalidad verde. Asimismo, se resalta que esta coloración estará determinada por el tipo de alimento que haya absorbido el insecto y la variedad de alimentos que obtenga. Cabe resaltar que estas larvas pueden pasar por cinco estadios y cambiar de coloración según cada uno de estos.

c) Pupa

Es la etapa intermedia entre el estado larval y la adultez del insecto, en esta fase llega a tener una longitud promedio de 6,5 a 8,1 mm. Asimismo, presenta un 1,9 mm de ancho y su coloración llega a ser castaña oscura y de aspecto subcilíndrico, además de tener comprimido el dorso ventralmente sobre la región cefálica e intersticial. En esta etapa también ocurre la aparición del primer par de podotecas, que tiene un menor tamaño que los palpos labiales.

d) Adulto

La última etapa, la adultez, se caracteriza por presentar su máximo desarrollo como polillas, las cuales evidencian una longitud de 6 a 9 mm y una expansión de alas de 14 a 16 mm. En esta fase, la coloración varía entre gris a amarillo pajizo, se da la presencia de escamas sobre el cuerpo, la cabeza

es diminuta y la pieza bucal es de tipo sifón para absorber líquidos. Asimismo, los palpos labiales han alcanzado su máximo desarrollo y son curvados hacia adelante y arriba, mientras que los palpos maxilares se encuentran cubiertos de escamas y tienen antenas filiformes que sobrepasan la mitad de la longitud corporal. A esto se suma que las alas anteriores son alargadas y presentan manchas negras en el centro de las alas; las posteriores tienen una definición triangular y su coloración es como la paja.

3.3. Biología y comportamiento

Es de conocimiento que la *Eurysacca sp.* es la plaga que más afecta la producción de quinua, dado que este tipo de insectos está presente durante todo el año, por lo tanto, es importante identificar el comportamiento de esta especie en cada etapa para realizar los cuidados pertinentes en los cultivos.

Al respecto, Castro (2019) distingue que el kcona kcona tiene un periodo de ovoposición de ocho a once días; en dicho tiempo, se da el nacimiento de las larvas, las que se alimentarán minando las hojas, y este hecho producirá grandes daños en los ovarios de las flores y los órganos lechosos.

Además, la especie tiene cinco estadios cuando se encuentra en su estado larval, lo que establecerá su crecimiento y su desarrollo, de tal modo que las dos primeras etapas, I y II, tienen un comportamiento de minadoras, lo que produce grandes daños sobre las hojas y las flores, mientras que las larvas en etapas III, IV y V se caracterizan por presentar un comportamiento de masticadoras.

Por otro lado, Castro (2019) añade que en todas las etapas larvales estas tienen la capacidad de producir hilos de seda blanquecina, lo cual les permite el traslado de los órganos apicales a las bases de las plantas; asimismo, sirven de apoyo para construir estuches de cobijo o escondites y, al finalizar su etapa larval, estas caen al suelo y buscan grietas en la tierra o suelos arenosos a una profundidad de 3 mm o, en su debido caso, se adhieren en la parte inferior de los tallos, lo que sucede cuando se encuentran en la etapa prepupa y pupa. Cabe destacar que dicha etapa tiene una duración aproximada de tres a veinticinco días, dependiendo de la zona donde se establezcan. Por ejemplo, en el Altiplano, los ciclos biológicos tienen una duración de ochenta días aproximadamente, de tal modo que se tiene de dos a tres generaciones cada año, de acuerdo a las condiciones ambientales.

Por su parte, Mamani (2018) añade que la propagación de polillas de quinua adultas sobre los cultivos se da cuando estas emergen de su estado pupal, de tal manera que los adultos despiertan de su estado de inactividad o diapausa, esto se resalta porque la mayor actividad de esta especie es nocturna y crepuscular.

En esta línea, se sostiene que los huevos son colocados sobre los glomérulos tiernos, así como en las axilas de las inflorescencias, agrupados de dos a doce huevos aproximadamente, lo cual les permite mantenerse unidas gracias a una sustancia mucilaginosa. A esto se suma que una sola hembra puede colocar alrededor de doscientos a trescientos huevos, por lo que la postura promedio es de cuarenta como máximo.

La permanencia o distribución de estos insectos se ampliará o reducirá, de acuerdo a la estación y las condiciones climáticas, por ejemplo, se evidencia una menor población de la especie en la temporada de primavera, a diferencia del verano. Esto se debe a las condiciones climáticas, dado que el calor propicia una mayor propagación de huevos de *Eurysacca* sobre las plantas.

También se sabe que el comportamiento de estos insectos es básicamente nocturno, por lo que de día presentan una acentuada inactividad, además de ser imperceptibles en sus primeras etapas. Esto genera una identificación tardía de los daños que puedan ocasionarse sobre los cultivos y se presenta un periodo más activo en la etapa del verano.

3.4. Daños y umbral de daño económico (UDE)

La *Eurysacca sp.* es considerada la plaga con mayor extensión sobre los cultivos de quinua, dado que está presente en todas las etapas de producción, lo que conlleva la producción de grandes daños, ya sea a nivel agrícola o económico.

En estos términos, Castro (2019) ratifica que los daños ocasionados por la plaga tienen mayor impacto negativo cuando estos se encuentran en su estado larval, dado que esta plaga mina los tallos para alimentarse de parénquimas de hojas y de los brotes tiernos. Asimismo, estos insectos destruyen las inflorescencias cuando están en etapa formativa, de tal modo que ello reduce la capacidad fotosintética y causa la disminución del nivel de rendimiento de la planta.

Cabe destacar que los daños más graves se producen en estas etapas de desarrollo de la planta, dado que se afecta su capacidad fotosintética y también el rendimiento de los cultivos. De igual forma, esta etapa coincide con las primeras etapas de las plagas, lo que produce un efecto inverso, vale decir, mientras la plaga se encuentra en fases de crecimiento alimentándose de los cultivos de quinua, estas van a presenciar cómo también se afecta su crecimiento por la aparición de larvas. El ataque de estos insectos se intensifica cuando se incrementan las lluvias o las temporadas calurosas.

Además, los daños producidos por las larvas, en su etapa de crecimiento, al alimentarse de los cultivos representa también uno de los efectos más graves a nivel económico para los agricultores si se considera que se pierde gran parte de la producción al impedir el crecimiento adecuado y saludable de las plantas.

Además, los daños producidos por las larvas, en su etapa de crecimiento, al alimentarse de los cultivos representa también uno de los efectos más graves a nivel económico para los agricultores si se considera que se pierde gran parte de la producción al impedir el crecimiento adecuado y saludable de las plantas.

CAPÍTULO IV

Impacto del trichoderma endófito y los microorganismos eficaces (em) en el rendimiento de quinua (Chenopodium quinoa willd.) y los daños por el kcona kcona (Eurysacca sp.)

Los cultivos de quinua han sido de gran utilidad desde tiempos inmemoriales para las zonas altoandinas, esto se debe a que, en la época incaica, este alimento era uno de los granos sagrados para los pobladores. Sin embargo, consumo de este grano fue perdiéndose con el tiempo, hasta los últimos años, cuando se le otorgó el valor que merece, gracias a que este representa un producto agrícola de exportación para países como Perú y Bolivia, dado que hay una mayor producción en dichas zonas y se le atribuye un fuerte impacto para el desarrollo económico.

En muchos casos, los índices de producción de quinua se ven notablemente afectados por las plagas, ya sea de palomas o insectos, entre las cuales, la que provoca los daños más notables e irreversibles es el kcona kcona, o también conocida como la polilla de quinua. Sin embargo, no todo está perdido para los cultivos de quinua, dado que los agricultores hacen uso de ciertos microorganismos que producen efectos protectores sobre los cultivos, lo cual representa una posibilidad de hacer frente a las plagas que atraviesan sus tierras.

Por tanto, en este capítulo, se pretende analizar el impacto que tiene el uso de los microorganismos eficientes, en particular, del *Trichoderma* endófito sobre el rendimiento de la quinua y cómo este posibilita el incremento de barreras de protección de la quinua frente a la aparición de la plaga de kcona kcona.

En este capítulo se desarrolla una investigación que tiene como principal objetivo determinar la influencia de cepas de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces (EM) para combatir la plaga del kcona kcona (*Eurysacca sp.*) y de esta forma, mejorar el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) de la variante Salcedo INIA.

A partir de esto, se desglosan algunos objetivos específicos como:

- Determinar el efecto de las aplicaciones de cepas de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces (EM) en la incidencia del kcona kcona (Eurysacca sp.) en quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variante Salcedo INIA.

- Determinar el efecto de las aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces (EM) en el crecimiento y el rendimiento de quinua (Chenopodiun quinoa Willd.) variante Salcedo INIA.

- Determinar la rentabilidad económica del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variante Salcedo INIA con la aplicación de cepas de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces (EM).

Ante los daños que ocasiona la plaga del kcona kcona (*Eurysacca sp.*) se propone que con el uso de cepas de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces (EM) se reducirá la incidencia del kcona kcona (*Eurysacca sp.*) y mejorará el rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) variante Salcedo INIA. Este planteamiento se basa fundamentalmente, en que las aplicaciones

de cepas de *Trichoderma* endófito y microorganismos eficaces (EM) tendrían efecto positivo en la reducción de la incidencia del kcona kcona (*Eurysacca sp.*) en la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) variante Salcedo INIA. En segundo lugar, se sostiene en que las cepas de Trichoderma endófito y los microorganismos eficaces (EM) influyen positivamente en el crecimiento y el rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) variante Salcedo INIA. Y como tercer argumento, se afirma que la rentabilidad económica del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) variante Salcedo INIA con el uso de cepas de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces (EM) será positivo.

4.1. Población y muestra

Para esta investigación se trabajará con la población de cepas de *Trichoderma sp.* endófito, al igual que con la población de los microorganismos eficaces. La muestra para la presente investigación fueron cuatro cepas de *Trichoderma sp.* endófito. Por su parte, los microorganismos eficientes fueron adquiridos como producto comercial, cuya aplicación se ha realizado según los protocolos recomendados por la empresa y las dosis adecuadas para la investigación.

4.2. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

I) Determinar el efecto de las aplicaciones de cepas de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces (EM) en la incidencia del kcona kcona (Eurysacca sp.) en quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) variante Salcedo INIA.

Como se señaló en los párrafos anteriores, uno de nuestros objetivos específicos es determinar el efecto de las aplicaciones de cepas de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces (EM) para combatir el kcona kcona (*Eurysacca sp.*), por esa razón es necesario detallar cómo se llevará a cabo este proceso. Para este caso se realizaron dos fases una fase de laboratorio y otra de campo.

a) Fase de laboratorio

Las cepas de *Trichoderma sp.* endófito fueron proporcionadas por el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA. Estas cepas fueron aisladas de hojas, tallos y rizosfera de plantas de quinua y un genotipo nativo de cacao; las cuales se encuentran conservadas en una solución de glicerina al 20 % a -5 °C (véase Tabla 1).

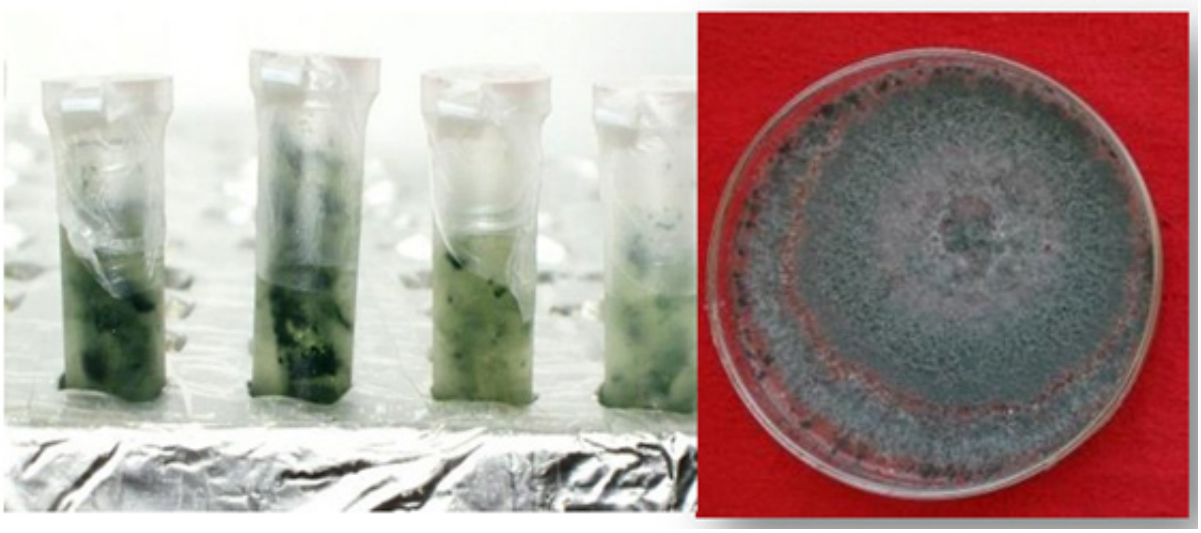
Tabla 1. *Código y procedencia de cepas de Trichoderma sp. utilizadas en la investigación - CIP Camacani de la UNA, durante la campaña agrícola 2016-2017*

N.° de cepa	Tipo	Código	Procedencia
Cepa 1	Nativa	UNA-TE-T-19	Tallo de quinua (Puno)
Cepa 2	Nativa	UNA-TE-T-22	Tallo de quinua (Puno)
Cepa 3	Nativa	UNA-TE-R-2	Rizosfera de quinua (Puno)
Cepa 4	Nativa	SG-TE-126	Tallo de cacao (San Gabán)

4.3 **Reactivación e incremento de inóculo de cepas de** *Trichoderma sp.*

Las cepas de *Trichoderma sp.* fueron reactivadas en placas de Petri que tenían un medio acuoso de extracto de malta agar (EMA). Estas cepas fueron incubadas a 25 °C durante cinco días, luego se procedió a realizar repiques de cada cepa en medio EMA y fueron incubadas a 25 °C bajo una luz artificial durante una semana (véase Figura 1), con la finalidad de inducir la producción de estructuras de reproducción para luego propagar en sustrato de arroz.

Figura 1. *Cepas de Trichoderma sp. de cinco días de edad en medio EMA.*



4.4 **Producción de cepas de Trichoderma sp. en sustrato de arroz**

A partir de cultivos jóvenes, se procedió a realizar repiques de cada cepa en media papa sacarosa agar (PSA) y fueron incubados a 25 °C bajo luz artificial durante una semana, con la finalidad de inducir la producción de estructuras de reproducción, para luego infestar el sustrato de arroz.

Previo a la infestación, se preparó bolsas de polipropileno de 6 x 12 pulgadas, que contenían 400 g del sustrato, donde se adicionó carbonato de calcio al 0,45 % en 120 ml de agua destilada estéril (ADE) por cada bolsa, con la finalidad de estimular la esporulación de los conidios; luego, se esterilizó a 120 °C, a 15 lb de presión durante 20 minutos. Finalmente, se introdujo en el sustrato medio de cultivo PSA colonizada con *Trichoderma sp.* de la mitad de una placa de Petri y se dejó incubando bajo luz durante 15 días a temperatura ambiente de 17 °C.

Figura 2. *Producción de cepas de Trichoderma sp. en sustrato de arroz, realizado en el Laboratorio de Fitopatología de la UNA, 2017. A. Cultivo de Trichoderma sp. en medio papa sacarosa agar. B. Incubación de cepas de Trichoderma sp. en sustrato arroz.*



4.5 **Activación de microorganismos eficaces**

Una vez adquirido el producto comercial EM-1, los microorganismos fueron activados, debido a que el producto se comercializa con los microorganismos en estado de latencia.

Tabla 2. *Producto comercial EM-1 utilizado en la investigación - CIP Camacani de la UNA durante la campaña agrícola 2016-2017*

Microorganismo	Tipo	Código	Procedencia
Microorganismos eficaces (EM)	*Lactobacillus* (bacterias ácido lácticas) *Saccharomyces* (levaduras) *Rhodopseudomonas* (bacterias fotosintéticas o fototróficas)	EM-1	BIOEMSAC - PERÚ

Para activar el EM-1, se utilizó la proporción de una parte de este (5 %) para una parte de melaza (5 %) de caña o azúcar para dieciocho partes de agua (90 %) limpia (sin cloro); así, un litro de EM-1 alcanzó para veinte litros de EM-1 activado. El procedimiento fue igual para la activación de EM-1 al 10 % y el 15 %.

Para la activación, se utilizó recipientes plásticos limpios y con tapas para un cierre hermético, de tal manera se evitó la entrada de aire y la posible contaminación.

Independiente del volumen total del recipiente utilizado, se efectuó los siguientes pasos:

- Llenado del recipiente con nueve partes de agua (45 %).
- Adición de una parte de EM-1 (5 %) y una parte de melaza de caña o azúcar (5 %).
- Correcta agitación para disolver la melaza, hasta formar una solución homogénea.
- Adición de las otras nueve partes de agua (45 %) y cerrado hermético del recipiente para evitar la entrada de aire.
- El EM-1 activado se mantuvo conservado en un lugar con temperatura de 25 a 40 ºC, durante un periodo de seis días.m
- Debido a que a partir del segundo día inicia el proceso de fermentación y se produce gas, fue necesario eliminar el exceso de este al abrir el recipiente apenas lo suficiente para extraerlo. Se realizó la extracción del gas cada vez que fue necesaria.
- El EM-1 activado estuvo listo para usarse a partir del sexto día, cuando el pH de la solución estuvo por debajo de cuatro con un sabor agridulce, olor agradable y colores que iban de café oscuro a café anaranjado.
- El EM-1 activado se utilizó durante los cuarenta días posteriores a su activación, según las recomendaciones del uso del producto.
- El EM-1 activado se ha conservado muy bien tapado, en un lugar fresco y aireado.

Figura 3. *Proceso de activación de microorganismos EM-1 en concentraciones de 5 %, 10 % y 15 %.*



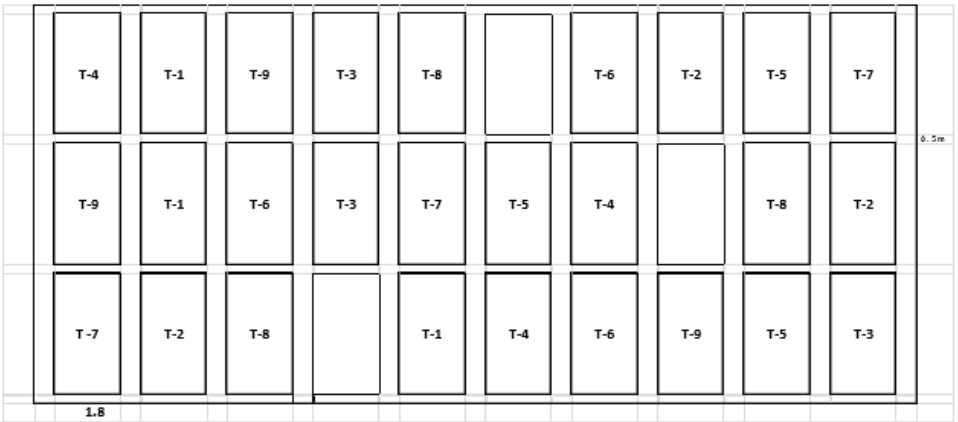
b) Fase campo

Para esta fase se realizó la identificación de la parcela de cultivo de quinua en el Centro de Investigación y Producción (CIP) - Camacani, ubicado en el distrito de Platería, provincia y región Puno. Se identificó una parcela de cultivo de quinua variedad Salcedo INIA, que fue instalada con fines de investigación el 2 de noviembre de 2016. Estas plantas se encontraban en estado fenológico de seis hojas verdaderas. Inicialmente, se ha realizado el registro del historial del cultivo desde la siembra. De igual forma, una vez identificada la parcela, se efectuó la medición y la adecuación de los bloques y las unidades experimentales (parcelas) necesarias para la investigación.

c) Características del campo experimental

Las dimensiones y las características del campo experimental fueron las siguientes: 3 bloques, 10 parcelas por bloque, 3 repeticiones (parcelas) por tratamiento, 1,8 m de ancho por 5 m de largo de parcela, 1,2 m de distancia entre parcelas, 4 surcos por parcela con un distanciamiento de 0,6 m entre surcos, y un área efectiva del experimento de 530,4 m2 (véase en la Figura 4).

Figura 4. *Distribución de unidades experimentales (parcelas) bajo un diseño de bloque completo al azar, para determinar la influencia de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces, en la incidencia del kcona kcona y el rendimiento de quinua.*



4.6 Tratamientos

En la Tabla 3, se muestra el total de tratamientos: cuatro tratamientos corresponden a la aplicación de cepas de *Trichoderma sp.* endófito; tres, a la aplicación de microorganismos eficaces (EM-1); una corresponde a la mezcla de *Trichoderma sp.* (cepas 1, 2, 3 y 4) con EM; una corresponde al testigo relativo donde se aplicará un producto químico comercial y una será el testigo absoluto (control). Este procedimiento se realizará en un parcela experimental tal como se puede apreciar en la Figura 5.

Tabla 3. *Tratamientos empleados para determinar la incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA bajo condiciones de campo en el CIP - Camacani de la UNA, durante la campaña agrícola 2016-2017.*

Tratamiento	Microorganismo/Producto	Concentración/Dosis
T1	*Trichoderma sp.* (cepa 1)	1 x 10^7 ufc/cc
T2	*Trichoderma sp.* (cepa 2)	1 x 10^7 ufc/cc
T3	*Trichoderma sp.* (cepa 3)	1 x 10^7 ufc/cc
T4	*Trichoderma sp.* (cepa 4)	1 x 10^7 ufc/cc
T5	Microorganismos eficaces (EM-1)	5 %
T6	Microorganismos eficaces (EM-1)	10 %
T7	Microorganismos eficaces (EM-1)	15 %
T8	Mezcla de *Trichoderma sp.* cepas 1, 2, 3 y 4 y EM-1	1 x 10^7 ufc/cc + 10 %
T9	Testigo absoluto	
T10	Testigo relativo (karate: *Lambdacihalotrina*) producto químico	1 ml/l de H_2O

Figura 5. *Parcela experimental ubicada en el CIP - Camacani, durante la campaña agrícola 2016-2017.*



- **Aplicación de cepas de Trichoderma sp. endófitos y microorganismos eficaces**

Una vez propagadas las cepas de Trichoderma sp. endófito en sustrato arroz y activados los microorganismos eficaces, en el Laboratorio de Fitopatología de la FCA-UNA, se realizaron las aplicaciones directamente a las plantas de quinua en las etapas fenológicas según se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4. *Etapas fenológicas en las cuales se aplicaron Trichoderma sp. y microorganismos eficaces, al cultivo de quinua variante Salcedo INIA en el CIP - Camacani de la UNA, durante la campaña agrícola 2016-2017.*

Microorganismo/ Producto	Etapa fenológica	Lugar de aplicación	N.º de aplicaciones	Concentración/ Dosis
Trichoderma sp.	Floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica	Foliar	4	$1x10^7$ ufc.cc^{-1}
Microorganismos eficaces (EM)	Floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica	Foliar	4	5 %, 10 % y 15 %
Trichoderma sp. + EM	Floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica	Foliar	4	$1x10^7$ ufc.cc^{-1} + 10 %
Karate (producto químico)	Floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica	Foliar	4	1 ml/l de H_2O

Nota. UFC: unidades formadoras de colonia.

- **Aplicación foliar de Trichoderma sp.**

Se realizó cuatro aplicaciones foliares de suspensión de esporas de las cepas de Trichoderma sp. en las cuatro etapas del desarrollo fenológico del cultivo (véase la Tabla 4): floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica.

Para las aplicaciones foliares de Trichoderma sp., previamente, se realizó la uniformización de conidios a partir de cultivos jóvenes de Trichoderma sp. desarrollados en sustrato de arroz. Se preparó una suspensión de conidios de cada cepa para realizar aplicaciones foliares a una concentración de 1 x 107 ufc/cc. Las aplicaciones se realizaron con una mochila asperjadora marca Jacto de veinte litros en horas de la mañana, entre las seis y las ocho; por cada parcela se aplicó un promedio de dos litros de la solución, variando en función al desarrollo vegetativo de las plantas.

- **Aplicación foliar de microorganismos eficaces**

Se realizó cuatro aplicaciones foliares de EM en las cuatro etapas de desarrollo fenológico del cultivo (véase la Tabla 4): floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica. El EM-1 fue previamente activado de acuerdo a la concentración requerida (5 %, 10 % y 15 %). Las aplicaciones se realizaron con una mochila asperjadora marca Jacto de veinte litros, en horas de la mañana, entre las seis y las ocho.

Tabla 5. *Número de aplicaciones foliares de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces, según las fases fenológicas de la quinua variante Salcedo INIA en el CIP - Camacani de la UNA, durante la campaña agrícola 2016-2017.*

Tratamiento	Aplicación foliar	Etapa fenológica	Concentración/Dosis
Trichoderma sp. (cepas 1, 2, 3 y 4)	Primera	Floración	1 x 10^7 ufc/cc
	Segunda	Grano lechoso	1 x 10^7 ufc/cc
	Tercera	Grano pastoso	1 x 10^7 ufc/cc
	Cuarta	Madurez fisiológica	1 x 10^7 ufc/cc
Microorganismos eficaces (EM-1)	Primera	Floración	5 %, 10 % y 15 %
	Segunda	Grano lechoso	5 %, 10 % y 15 %
	Tercera	Grano pastoso	5 %, 10 % y 15 %
	Cuarta	Madurez fisiológica	5 %, 10 % y 15 %

Trichoderma sp. + EM-1	Primera	Floración	1 x 10^7 ufc/cc + 10 %
	Segunda	Grano lechoso	1 x 10^7 ufc/cc + 10 %
	Tercera	Grano pastoso	1 x 10^7 ufc/cc + 10 %
	Cuarta	Madurez fisiológica	1 x 10^7 ufc/cc + 10 %
Karate (producto químico)	Primera	Floración	1 ml/l de H_2O
	Segunda	Grano lechoso	1 ml/l de H_2O
	Tercera	Grano pastoso	1 ml/l de H_2O
	Cuarta	Madurez fisiológica	1 ml/l de H_2O

Nota. UFC: unidades formadoras de colonia

- **Labores culturales**
- **Aporque**

Se llevó a cabo solo en una oportunidad, conjuntamente con el segundo deshierbo, cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 30 cm (etapa fenológica de inicio de inflorescencia) y cuando el suelo tenía una humedad apropiada en el suelo. El aporque se realizó en forma manual con la finalidad de fijar las raíces de las plantas de tal manera que se evite el tumbado cuando las plantas hayan crecido (véase Figura 6).

- **Desahije o raleo**

Esta labor cultural se realizó junto al aporque, se ha eliminado las plantas más débiles, enfermas o pequeñas, se dejaron las más fuertes y vigorosas en una cantidad de 50 plantas/m lineal en promedio (véase Figura 6).

- **Control de malezas**

Se realizaron dos deshierbos en forma manual, simultáneamente con el desahíje y el aporque. El primer deshierbo se realizó en la fase fenológica de panojamiento y el segundo fue a inicios del desarrollo de la inflorescencia (véase Figura 6).

Figura 6. *Labores culturales: aporque, desahije y control de malezas en la parcela experimental.*



• Evaluación de la incidencia del kcona kcona

Empleando el método de separación por sacudida o golpeo, con el apoyo de un recipiente tipo bandeja, que se coloca en la base de la planta y se inclina ligeramente, se sacude suavemente la panoja y se induce la caída de larvas sobre el recipiente. Seguidamente, se realizó el conteo de las larvas, lo cual se registró en una planilla. Las evaluaciones se realizaron en diez plantas escogidas al azar por cada tratamiento, en vez de por etapa fenológica. Finalmente, se determinó el índice de daño, calculando el porcentaje de daño en cada panoja evaluada tomando la siguiente escala.

Tabla 6. *Categorización de grados de daño de Eurysacca sp. en el cultivo de quinua.*

Grado	Porcentaje de daño
Grado 1	Sin daño
Grado 2	Hasta 10 % de panoja dañada
Grado 3	Hasta 20 % de panoja dañada
Grado 4	Hasta 30 % de panoja dañada
Grado 5	Hasta 40 % de panoja dañada
Grado 6	Hasta 50 % de panoja dañada
Grado 7	Hasta 60 % de panoja dañada
Grado 8	Hasta 70 % de panoja dañada
Grado 9	Hasta 80 % de panoja dañada
Grado 10	Hasta 90 % de panoja dañada
Grado 11	Hasta 100 % de panoja dañada

Con los datos numéricos obtenidos, se aplicó la fórmula de Kasper (Apaza y Delgado, 2005) para la determinación del índice de daño:

$$ID = \frac{Nº\ de\ panojas\ Grado\ 1(1) + Nº\ de\ panojas\ Grado\ 2\ (2) + \ \ldots\ Nº\ de\ panojas\ Grado\ 11(11)}{Nº\ total\ de\ panojas\ de\ la\ muestra}$$

ID = Índice de daño

II) Determinar el efecto de las aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces (EM) en el crecimiento y el rendimiento de quinua (*Chenopodiun quinoa Willd.*) variante Salcedo INIA.

El segundo objetivo específico consiste en determinar el efecto de las aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces (EM) en el crecimiento y el rendimiento de quinua (*Chenopodiun quinoa Willd.*) variante Salcedo INIA. Por esta razón, se procedió de la siguiente manera mediante los siguientes pasos.

- **Cosecha**

Se realizó a los ciento sesenta y dos días después de la siembra, una vez alcanzada la madurez fisiológica. Se seleccionaron diez plantas al azar de los tres surcos centrales de cada parcela, las cuales fueron cortadas al ras del suelo para luego colocarlas en sobres de papel y ser llevadas al laboratorio de fitopatología para su secado bajo sombra a temperatura ambiente durante dos meses, posteriormente fueron pesadas para determinar la biomasa seca. Se realizó la trilla en forma manual por cada planta. Finalmente, se procedió a limpiar los granos para ser guardados dentro de bolsas manila, debidamente rotuladas. El resto de las plantas se segó y se dejó en el campo durante treinta días, para que seque completamente, y una vez secado se desarrolló el trillado correspondiente. Se ha determinado el peso de semilla y, finalmente, se determinó el rendimiento (RDT).

Los parámetros que se evaluaron fueron:

• Altura de planta: Se registró la altura desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, con ayuda de una cinta métrica.

• Longitud de panoja: Se realizó la medida de la panoja, con la ayuda de una cinta métrica.

• Peso de grano seco: Se realizó el pesado del grano seco extraído de cada panoja.

• Análisis físico-químico de suelo: se realizó el análisis de suelo del terreno experimental antes de la instalación del experimento. El análisis de fertilidad se realizó en el laboratorio de aguas y suelos, del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Illpa Puno.

- **Diseño y análisis estadístico**

Los datos fueron procesados en un *software* estadístico SAS para realizar el análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias mediante la prueba de Duncan, con un nivel de significancia de 0,05 %.

- **Determinación de la rentabilidad económica del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.), con la aplicación de cepas de Trichoderma endófito y microorganismos eficaces**

En primer lugar, se determinó la utilidad; para ello, se obtuvo el costo de producción del cultivo, en función a los costos unitarios de bienes y servicios para cada tratamiento (mano de obra, maquinaria, semilla, insumos, entre otros) empleado en la conducción de la parcela experimental. Además, se determinó el ingreso total en función al rendimiento obtenido en cada uno de los tratamientos proyectado a una hectárea.

La fórmula que se aplicó para determinar la utilidad es:

$U=IT-CT$

Para determinar la rentabilidad, se aplicó la siguiente fórmula:

$$R = \frac{U}{CP} * 100$$

Donde:

IT = (PU * Q)
R = Rentabilidad (%)
U = Utilidad (S/)
IT = Ingreso total (S/)
PU = Precio unitario (S/)
Q = Rendimiento (kg)
CP = Costo de producción (S/)

- **Evaluación de crecimiento y rendimiento de plantas de quinua con los diversos tratamientos**

A los ciento sesenta y dos días después de la siembra, que fue la cosecha, se escogió al azar diez plantas de los tres surcos céntricos por parcela para evaluar in situ los siguientes parámetros: altura de planta (AP) y longitud de panoja (LPN), posteriormente se procedió a cortar las plantas escogidas al ras del suelo, luego fueron dispuestas en sobres de papel manila y su traslado al laboratorio de fitopatología para su secado bajo sombra a temperatura ambiente durante dos meses y se determinó el peso de la semilla (PSEM) y el rendimiento (RDT), respectivamente (véase la Tabla 14).

- **Análisis de suelo**

El análisis de fertilidad del suelo, realizado en el Laboratorio de Aguas y Suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Illpa Puno, el cual se detalla en la Tabla 7, en el cual se determinó que el terreno fue de textura franco arenosa, óptimo para producción de quinua, con niveles de concentración de N en un 0,07 %, P: 9,00 ppm y K: 215,03 ppm. Asimismo, el pH casi neutro es óptimo para el desarrollo del cultivo.

Tabla 7. *Datos de análisis de fertilidad de suelo de terreno experimental - Camacani.*

Código de usuario	Análisis mecánico				N (%)	P (ppm)	K (ppm)	pH	MO (%)	Al (meq/ 100 g)	CO3CA (%)
	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura							
Camacani	60	7	77	FA	0,07	9,00	215,03	6,6	2,00	0,00	0,00

• Información meteorológica

El registro de las temperaturas máximas, mínimas, medias y precipitación total (mm) durante el proceso de desarrollo de la investigación, correspondiente a la campaña agrícola 2016-2017, fue proporcionado por la dirección zonal 13 del Senamhi Estación Meteorológica Rincón de la Cruz - Acora (véase la Tabla 8).

Los datos climatológicos de la campaña agrícola 2016-2017 reportan la mayor temperatura en noviembre, con 17,3 °C, mientras que la menor temperatura se registró en julio, con -2,6 °C, y la temperatura media se registró en diciembre con 11,1 °C. Respecto a la precipitación, el mes más lluvioso fue enero con 277,1 mm, mientras que los meses con menor precipitación fueron julio (2016) y junio (2017) con 1,8 mm y 2,1 mm, respectivamente. El promedio mensual de precipitación de la campaña agrícola fue de 59,5 mm, mientras que la precipitación total fue de 714,4 mm.

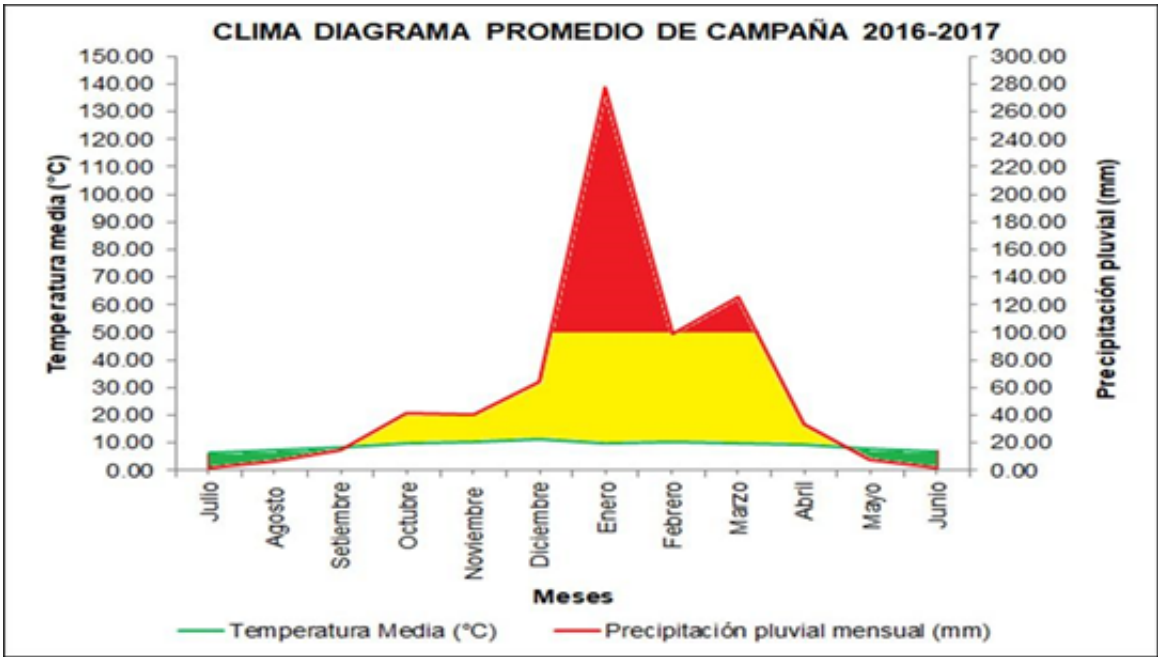
Tabla 8. *Datos de temperatura (máxima, mínima y media) y precipitación registrados durante la campaña agrícola 2016-2017 (dirección zonal 13 del Senamhi Estación Meteorológica Rincón de la Cruz - Acora).*

Año	Meses	T máxima (°C)	T mínima (°C)	T media (°C)	Precipitación pluvial (mm)
2016	Julio	15,4	-2,6	6,4	1,8
	Agosto	16	-1,5	7,3	6,4
	Septiembre	16,2	0,6	8,4	14,8
	Octubre	16,3	3,7	10	41,7
	Noviembre	17,3	3,3	10,3	40,3
	Diciembre	17,2	5,1	11,1	64,5

2017	Enero	14,6	5,1	9,9	277,1
	Febrero	15,6	5,5	10,5	99,2
	Marzo	14,5	5,5	10	125,3
	Abril	15,1	3,5	9,3	33,8
	Mayo	15,9	-0,6	7,7	7,4
	Junio	15,8	-2,1	6,9	2,1
	Promedio	**15,8**	**2,1**	**9**	**59,5**
	Total				**714,4**

En la Figura 7 que se muestra a continuación, se aprecia un periodo muy húmedo, correspondiente a los meses de diciembre a marzo 2017; un periodo húmedo durante los meses de septiembre 2016 a mayo del 2017; además de dos periodos secos muy marcados durante los meses de julio a septiembre de 2016 y de mayo a junio de 2017. En estos casos el comportamiento es muy similar a las condiciones meteorológicas de hace diez años (2006-2015).

Figura 7. *Clima diagrama de temperaturas máximas, mínimas y precipitación total (mm) durante la campaña agrícola 2016-2017.*



Nota. Senamhi Estación Meteorológica Rincón de la Cruz - Acora.

En la Tabla 9, se reportan los promedios mensuales de los datos climatológicos (temperatura y precipitación) de los diez últimos años (2006-2015) anteriores a la campaña agrícola en el cual se realizó la investigación. La temperatura máxima se registró en noviembre con 18,1 °C, y la temperatura mínima, en julio, con 2,9 °C. Asimismo, la temperatura media se registró en diciembre, con 10,7 °C. En lo concerniente a la precipitación, el mes más lluvioso fue enero, con 152,3 mm, y los meses con menor precipitación fueron junio y julio. El promedio anual de precipitación de diez años fue de 54,98 mm y la precipitación promedio total anual fue de 659,8 mm.

Tabla 9. *Promedios multianuales de temperatura y precipitación anual durante los años 2006-2015 registrados en la Estación Meteorológica Rincón de la Cruz - Acora.*

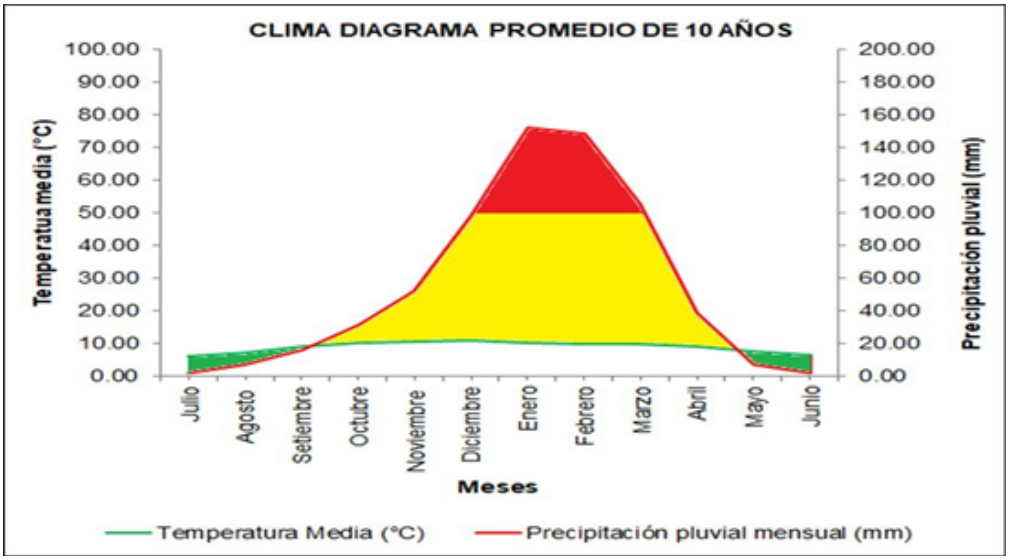
Meses	T máxima (°C)	T mínima (°C)	T media (°C)	Precipitación pluvial (mm)
Julio	15,2	-2,9	6,2	1,5
Agosto	16,2	-1,7	7,3	7,1
Septiembre	17,5	0,4	9	15,9
Octubre	18	2,1	10,1	31,6
Noviembre	18,1	2,8	10,5	52,4
Diciembre	17,5	3,9	10,7	98,2
Enero	15,6	4,5	10,1	152,3
Febrero	15,3	4,3	9,8	148,2
Marzo	15,2	3,9	9,6	105,4
Abril	15,7	2	8,9	38,5
Mayo	16,1	-0,8	7,7	6,8
Junio	15,1	-2,4	6,4	1,9
Promedio	**16,29**	**1,34**	**8,86**	**54,98**
	Total			**659,8**

Nota. *Senamhi Estación Meteorológica Rincón de la Cruz - Acora*

En la Figura 8, se aprecia un periodo muy húmedo, correspondiente al periodo de diciembre a marzo; un periodo húmedo de septiembre a abril; además de dos periodos secos muy marcados de julio a septiembre y de mayo a junio. Comportamiento similar al registro de la campaña agrícola 2016-2017.

Respecto a los datos climatológicos de la campaña agrícola 2016-2017, comparados con la normal (promedio de diez años: 2006-2015), existen diferencias en cuanto a precipitación, ya que en enero fue relativamente alta respecto a la normal y una precipitación menor en febrero; se presume que estas variaciones deben ser por efecto del cambio climático. La precipitación total anual en la campaña agrícola fue relativamente más alta a la normal y el comportamiento similar al promedio anual. Respecto a la temperatura, existe una pequeña variación en máximas, mínimas y medias con respecto a la normal de diez años.

Figura 8. *Clima diagrama de temperaturas máximas, mínimas y precipitación total (2006-2015).*



- **Diseño y análisis estadístico**

El experimento se condujo bajo un diseño de bloque completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones, las unidades experimentales de cada tratamiento fueron distribuidas al azar (véase Figura 4). Los datos de la evaluación de incidencia del kcona kcona fueron sometidos a la fórmula de Kasper, además se utilizó la prueba estadística de Fisher a través del análisis de varianza (ANDEVA) para determinar diferencias entre los tratamientos: cepas de Trichoderma endófito, EM-1 en diferentes concentraciones, mezcla de Trichoderma endófito y EM-1, además de un tratamiento que fue el testigo relativo (tratamiento químico) y el testigo absoluto (sin tratamiento); establecer el efecto de los tratamientos en la incidencia del kcona kcona y en el crecimiento y el rendimiento de la quinua. Para el análisis de incidencia del kcona kcona, el rendimiento de quinua y los parámetros morfológicos cuantitativos, se aplicó la prueba de rango múltiple de DUNCAN, que ha permitido identificar las diferencias de medias entre los tratamientos con un nivel de significancia de 0,05 %.

Efecto de las aplicaciones de cepas de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces (EM) en la incidencia del kcona kcona (Eurysacca sp.) en quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variante Salcedo INIA

a) Primera evaluación de incidencia del kcona kcona (Eurysacca sp.) en quinua

(Chenopodium quinoa Willd.) variante Salcedo INIA durante la fase fenológica de floración

En la Tabla 10 y la Figura 9, se observa la primera evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces, en la etapa fenológica de floración, la mayor incidencia promedio se presentó en el T9 (testigo absoluto) con 7,40 larvas/planta, seguido por el tratamiento T8 (mezcla de *Trichoderma sp.* cepas 1, 2, 3 y 4 y EM) con 6,83 larvas/planta, mientras que el menor daño se presentó en T6 (EM 10 %) con 2,70, seguido de T2 [*Trichoderma sp.* cepa 2], con 3,03 larvas/planta.

Tabla 10. *Primera evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mínimo	1,00	0,00	2,00	0,00	4,00	0,00	2,00	4,00	2,00	4,00
Máximo	8,00	6,00	15,00	6,00	10,00	6,00	6,00	12,00	6,00	9,00
Media	4,42	3,03	6,47	3,60	3,23	2,70	3,77	6,83	7,40	6,33
D.E.	1,87	1,73	2,78	1,50	1,61	1,30	1,19	1,84	1,30	1,47

El análisis de varianza mostró la existencia de diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) para los tratamientos, de lo cual se interpreta que por lo menos uno de los tratamientos presentó diferente respuesta al resto; por lo cual se procedió con una prueba de rango múltiple para un análisis de ordenamiento (véase Tabla 11).

Tabla 11. *Análisis de varianza para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Fuente	DF	S.C.	C.M.	F-valor	Pr > F
Modelo	11	8,97038251	0,81548932	26,02	< 0,0001
Bloques	2	0,00723159	0,0036158	0,12	0,8911
Tratamientos	9	8,96315092	0,99590566	31,78	< 0,0001
Error	288	9,02554226	0,03133869		
Total	299	17,9959248			

Nota. Y = log(Y+5); CV =7,86 %.

La Tabla 12 muestra la prueba de rango múltiple para la incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces, en la cual se identifica que los tratamientos que presentaron menor daño por kcona kcona estadísticamente ($p < 0,01$) fueron T6 (EM 10 %) y T5 (EM 5 %) con 2,70 y 3,23 larvas/planta, seguido de T2, T4 y T7, estadísticamente no presentan diferencias significativas; sin embargo, el tratamiento T8 (mezcla de Trichoderma sp. cepas 1, 2, 3 y 4 y EM 10 %) presentó los valores altos de incidencia y estadísticamente resultó ser igual al T9 (testigo absoluto: sin aplicación), de lo cual se puede establecer que la aplicación de EM 10 % presenta una disminución significativa del daño en las plantas de quinua.

Tabla 12. *Prueba de rango múltiple para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Duncan (agrupamiento)	Media	N	Tratamientos
B	4,42	30	T1
BC	3,03	30	T2
A	6,47	30	T3
BC	3,6	30	T4
CD	3,23	30	T5
CD	2,7	30	T6
BC	3,77	30	T7
A	6,83	30	T8
A	7,4	30	T9
A	6.33	30	T10

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$)

b) Segunda evaluación de incidencia del kcona kcona (Eurysacca sp.) en quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variante Salcedo INIA durante la fase fenológica de grano lechoso

En la Tabla 13 y la Figura 10, se observa datos de la segunda evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces, que se ha realizado en la etapa fenológica de grano lechoso, donde la mayor incidencia se presentó en el T9 (testigo absoluto) con promedio de 18,23 larvas/planta, seguido del T8 (mezcla de Trichoderma sp. cepas 1, 2, 3 y 4 y EM) con 15,80 larvas/planta, mientras que menor incidencia se presentó en T10 (testigo relativo: tratamiento químico) con 0, seguido de T6 (EM 10 %) con 11,40 larvas/planta.

Tabla 13. *Segunda evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mínimo	5,00	3,00	6,00	6,00	8,00	4,00	6,00	5,00	4,00	0,00
Máximo	26,00	26,00	27,00	27,00	29,00	19,00	21,00	32,00	23,00	0,00
Media	15,00	14,97	15,90	13,40	12,47	11,40	12,23	15,80	18,23	0,00
D.E.	5,53	6,16	5,60	5,14	5,28	3,98	4,01	5,87	4,68	0,00

El análisis de varianza mostró la existencia de diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) para los tratamientos, de lo cual se interpreta que por lo menos uno de los tratamientos presentó diferente respuesta al resto; por lo cual se procedió con una prueba de rango múltiple para un análisis de ordenamiento.

Tabla 14. *Análisis de varianza para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Fuente	DF	S.C.	C.M.	F-valor	Pr > F
Modelo	11	49,6104138	4,1003762	65,85	< 0,0001
Bloques	2	0,08513074	0,04256537	0,62	0,5378
Tratamientos	9	49,525283	5,50280923	80,35	< 0,0001
Error	288	19,7236203	0,06848479		
Total corregido	299	69,334034			

Nota. Y = log(Y+5); CV = 9,37%

La Tabla 15 muestra la prueba de rango múltiple para la incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces, en la etapa fenológica de grano lechoso, se identifica que los tratamientos que presentaron menor daño por kcona kcona estadísticamente ($p < 0,01$) fueron T10 (tratamiento químico: karate) y T6 (EM 10 %) con 0,0 y 11,40 larvas/planta, seguido de T1 y T2, los cuales estadísticamente no presentan diferencias significativas; de igual manera que los tratamientos T5 y T7. Sin embargo, el tratamiento T9 (testigo absoluto: sin tratamiento) presentó el valor más alto de incidencia en la etapa fenológica de grano lechoso (18,23 larvas/planta), de lo cual se puede establecer que la aplicación de EM 10 %

presenta una disminución significativa del daño en las plantas de quinua y, lógicamente, la aplicación del producto químico karate repercute en la muerte total de las larvas del kcona kcona.

Tabla 15. *Prueba de rango múltiple para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Duncan (agrupamiento)	Media	N	Tratamientos
BC	15	30	T1
BC	14,97	30	T2
AB	15,9	30	T3
BCD	13,4	30	T4
CD	12,47	30	T5
D	11,4	30	T6
CD	12,23	30	T7
AB	15,8	30	T8
A	18,23	30	T9
E	0	30	T10

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (a= 0,05)

c) Tercera evaluación de incidencia del kcona kcona (Eurysacca sp.) en quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variante Salcedo INIA durante la fase fenológica de grano pastoso

En la Tabla 16 y la Figura 11, se observa datos de la tercera evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces, que se ha realizado en la etapa fenológica de grano pastoso, donde la mayor incidencia se presentó en el T9 (testigo absoluto) con promedio de 32,23 larvas/planta, seguido del T1 (Trichoderma sp. - Cepa 1: UNA-TE-T-19, con 28,47 larvas/planta, mientras que menor incidencia se presentó en T10 (testigo relativo: tratamiento químico - karate) con 0,0, seguido de T6 (EM 10 %) con 14,43 larvas/planta.

Tabla 16. *Tercera evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mínimo	0,00	12,00	12,00	7,00	17,00	8,00	8,00	8,00	8,00	0,00
Máximo	63,00	38,00	59,00	23,00	38,00	56,00	53,00	38,00	24,00	0,00
Media	28,47	23,07	26,17	15,20	20,20	14,53	19,57	17,57	32,13	0,00
D.E.	10,95	7,11	9,57	4,77	5,45	9,83	9,69	6,98	5,03	0,00

El análisis de varianza mostró la existencia de diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) para los tratamientos, de lo cual se interpreta que por lo menos uno de los tratamientos presentó diferente respuesta al resto; por lo cual se procedió con una prueba de rango múltiple para un análisis de ordenamiento (véase Tabla 17).

Tabla 17. *Análisis de varianza para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Fuente	DF	S.C.	C.M.	F-valor	Pr > F
Modelo	11	82,4577469	7,4961588	91,12	< 0,0001
Bloques	2	0,06367774	0,03183887	0,39	0,6794
Tratamientos	9	82,3940692	9,15489658	111,28	< 0,0001
Error	288	23,6930826	0,0822676		
Total corregido	299	106,15083			

Nota. Y = log(Y+5); CV = 9,35 %.

Los tratamientos que presentaron menor daño por kcona kcona estadísticamente ($p < 0,01$) fueron T10 (tratamiento químico: karate) y T7 (EM 15%) con 0,0 y 14,53 larvas/planta; sin embargo, el tratamiento T9 (testigo absoluto: sin tratamiento) presentó el valor más alto de incidencia en la etapa fenológica de grano pastoso (32,13 larvas/planta), de lo cual se puede establecer que la aplicación de EM 15 % presenta una disminución significativa del daño en las plantas de quinua y, lógicamente, la aplicación del producto químico karate repercute en la muerte total de las larvas del kcona kcona.

Tabla 18. *Prueba de rango múltiple para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Duncan (agrupamiento)	Media	N	Tratamientos
A	28,47	30	T1
BC	23,07	30	T3
AB	26,17	30	T5
E	15,2	30	T2
CD	20,2	30	T6
E	14,53	30	T7
D	19,57	30	T8
E	17,57	30	T4
A	32,13	30	T9
F	0	30	T10

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (α = 0,05)

d) Cuarta evaluación de incidencia del kcona kcona (Eurysacca sp.) en quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variante Salcedo INIA durante la fase fenológica de madurez fisiológica

En la Tabla 19 y la Figura 12, se observa datos de la cuarta evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces, realizado en la etapa fenológica de madurez fisiológica, donde la mayor incidencia se presentó en el tratamiento T9 (testigo absoluto) con promedio de 36,60 larvas/planta, seguido el tratamiento T3 (Trichoderma sp. cepa 3) con 35,03 larvas/planta, mientras que la menor incidencia se presentó en el tratamiento T10 (testigo relativo: tratamiento químico) con 0,03, seguido del tratamiento T9 (testigo absoluto) con 19,67 larvas/planta.

Tabla 19. *Cuarta evaluación de incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mínimo	12,00	12,00	13,00	18,00	22,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00
Máximo	71,00	80,00	113,00	68,00	66,00	43,00	62,00	103,00	32,00	1,00
Media	32,57	31,10	35,03	31,70	20,50	19,67	24,93	32,67	36,60	0,03
D.E	12,36	13,09	18,72	12,41	8,96	9,37	11,62	17,90	6,49	0,18

El análisis de varianza mostró la existencia de una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) para los tratamientos, por lo cual, se interpreta que por lo menos uno de los tratamientos presentó diferente respuesta al resto; por lo cual se procedió con una prueba de rango múltiple para un análisis de ordenamiento (véase Tabla 20).

Tabla 20. *Análisis de varianza para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA (06/04/2017), con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Fuente	DF	S.C.	C.M.	F-valor	Pr > F
Modelo	11	32529,24	2957,20364	19,67	<0,0001
Bloques	2	24,56	12,28	0,08	0,9216
Tratamientos	9	32504,68	3611,63111	24,02	<0,0001
Error	288	43301,64	150,35292		
Total, corregido	299	75830,88			

Nota. Y = log(Y+5) CV = 9,6 %

La Tabla 21 muestra la prueba de rango múltiple para la incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces. En la etapa fenológica de madurez fisiológica, se identifica que los tratamientos que presentaron menor daño por kcona kcona estadísticamente ($p < 0,01$) fueron T10 (tratamiento químico: karate) y los tratamientos T6 (EM 10 %), T7 (EM 15 %) y T8 (mezcla de Trichoderma sp. cepas 1, 2, 3 y 4 y EM 10 %) que no tienen diferencias estadísticas significativas, con 0,03 larvas/planta y 20,50, 19,67 y 24,93 larvas/planta, respectivamente; sin embargo, el tratamiento T9 (testigo absoluto: sin tratamiento) presentó el valor más alto de incidencia en la etapa fenológica de madurez fisiológica (36,60 larvas/planta), de lo cual se puede establecer que la aplicación de EM 10 % y 15 % presenta una disminución significativa del daño en las plantas de quinua y, lógicamente, la aplicación del producto químico karate repercute en la muerte de las larvas del kcona kcona.

Tabla 21. *Prueba de rango múltiple para incidencia del kcona kcona en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Duncan (agrupamiento)	Media	N	Tratamientos
A	32,57	30	T1
A	31,10	30	T3
A	35,03	30	T5
A	31,70	30	T2
B	20,50	30	T6
B	19,67	30	T7
B	24,93	30	T8
A	32,67	30	T4
A	36,60	30	T9
C	0,03	30	T10

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (α = 0,05)

En la Tabla 22, se aprecia que los tratamientos T1 al T8 tienen un índice de daño igual a 0,4, situación que demuestra que el daño a nivel de estos ocho tratamientos fue similar. En cambio, en el tratamiento T10 (testigo relativo: tratamiento químico karate), el índice de daño obtenido fue de 0,1, situación que demuestra menor daño por efecto de alimentación de las larvas de kcona kcona en comparación a los demás tratamientos. Respecto al tratamiento T9 (testigo absoluto), es la que tuvo un índice de daño igual a 0,5, situación que demuestra que hubo mayor incidencia de la plaga y consecuentemente mayor daño.

Tabla 22. *Determinación del índice de daño aplicando la fórmula de Kasper*

	Tratamiento	Índice de daño
T1	*Trichoderma sp.* (cepa 1)	0,4
T2	*Trichoderma sp.* (cepa 2)	0,4
T3	*Trichoderma sp.* (cepa 3)	0,4
T4	*Trichoderma sp.* (cepa 4)	0,4
T5	Microorganismos eficaces (EM) 5 %	0,4
T6	Microorganismos eficaces (EM) 10 %	0,4
T7	Microorganismos eficaces (EM) 15 %	0,4
T8	Mezcla de *Trichoderma sp.* cepas 1, 2, 3 y 4 y EM 10 %	0,4
T9	Testigo absoluto	0,5
T10	Testigo relativo (karate: tratamiento químico)	0,1

En las cuatro evaluaciones realizadas en las etapas fenológicas de floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica, se aprecia que persiste la mayor incidencia del kcona kcona en el tratamiento T9 (testigo absoluto), seguido por el tratamiento T3 (*Trichoderma sp.*: cepa 3); y la menor incidencia se registró en el tratamiento T10 (testigo relativo: tratamiento químico), seguido por el tratamiento T6 (EM 10 %).

Lo registrado en la investigación concuerda con lo reportado por Costa *et al.* (2009), quienes afirman que las larvas son más abundantes al inicio de la formación de las panojas de ramificación y panojamiento y sobre panojas de grano lechoso y maduro, siendo menor en el estado intermedio de maduración. Asimismo, Bernays y Chapman (1994) reportan que la presencia y la abundancia de insectos (adultos o inmaduros) sobre una planta pueden variar de acuerdo a diversos factores, tales como disponibilidad de recursos, calidad del alimento, fenología o defensas químicas de la planta hospedera. Además, Schoonhoven *et al.* (2005) reportan que la abundancia de insectos, especialmente de insectos inmaduros, depende principalmente de la interrelación estrecha entre el desarrollo de la planta hospedera y el ciclo biológico de los insectos.

En la etapa fenológica de panojamiento, puede ocurrir el ataque de la primera generación de la polilla *Eurysacca quinoae*. En esta investigación, la segunda evaluación se ha realizado en la etapa de panojamiento, se registró la presencia de larvas de primeros estadios en un promedio de 32,13 larvas en el tratamiento T1 (*Trichoderma sp.*: cepa 1) y se asumió que el hongo endófito, a diferencia de los demás tratamientos, tuvo efecto de protección no eficiente.

Ortiz (1993) reporta que la densidad larval durante el desarrollo del cultivo es variable y ascendente, la primera generación es menor a diferencia de la segunda. Los resultados de la investigación coinciden con lo reportado por este autor, ya que el registro de la cantidad de larvas/panoja ha ido incrementando ligeramente durante el proceso de desarrollo de las plantas de quinua.

Las larvas de *Eurysacca quinoae*, inicialmente, se encuentran entre las hojas apicales de las plantas en estado fenológico de ramificación. En esta etapa, el daño ocurre, sobre todo, en la panoja en formación. Se observa mayor daño en el periodo de formación de grano y madurez fisiológica, donde las larvas se alimentan principalmente de las hojas tiernas si están en los primeros estadios y de los granos inmaduros y maduros si están en los últimos estadios (Mujica et al., 1998; Rasmussen *et al.*, 2001). En esta investigación, se registra mayor cantidad de larvas a medida que la planta madura y se desarrolla.

Apaza y Delgado (2005) reportan que los insectos plaga son más frecuentes en condiciones secas, calurosas y de estrés causadas por falta de agua. En el proceso de investigación no hubo épocas de sequías o veranillos prolongados, más bien hubo altas precipitaciones en enero, febrero y marzo y las temperaturas no fueron altas, tal como se aprecia en la Tabla 22, situación que ha favorecido la poca incidencia de la plaga y por consiguiente menor presencia de larvas.

Efecto de las aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces (EM) en el crecimiento y el rendimiento de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variante Salcedo INIA

a) Rendimiento de quinua

En la Tabla 23, se reporta que el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento T6 (EM 10

%) con un promedio de 3 871,70 kg/ha; en segundo lugar, en el tratamiento T4 (*Trichoderma sp.*: cepa 4), se obtuvo un rendimiento de 3 697,00 kg/ha; mientras que el menor rendimiento se obtuvo en el tratamiento T9 (testigo absoluto) con 2,261 kg/ha, seguido del tratamiento T3 (*Trichoderma sp.*: cepa 3) con 2 262,87 kg/ha, respectivamente. El rendimiento está directamente relacionado con la incidencia del kcona kcona, pues es lógico que a mayor incidencia de la plaga mayor daño y consecuentemente menor rendimiento. En tal sentido, en la investigación se determinó que el tratamiento T6 (EM 10 %) tuvo mayor rendimiento y menor incidencia de kcona kcona.

En forma general, los rendimientos a nivel de todos los tratamientos fueron importantes y todos ellos sobrepasando los 2,000 kg/ha, cantidad que está muy por encima del promedio regional de Puno que llega a 1 123,08 kg/ha reportado por la DRA Puno (2017). Incluso en el tratamiento T9 (testigo absoluto: sin tratamiento), pudiendo afirmar que hubo un efecto beneficioso por el comportamiento climático y la fertilidad del suelo. Por lo tanto, el efecto de las aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces en el crecimiento y el rendimiento de quinua variante Salcedo INIA fue positivo y el ANVA (Tabla 23) demuestra que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) para los tratamientos, de lo cual se interpreta que por lo menos uno de los tratamientos presentó diferente respuesta al resto.

La prueba de rango múltiple (Tabla 25) permitió identificar que los tratamientos que presentaron mayor rendimiento estadísticamente ($p < 0,01$) fueron en T6 (EM 10 %), T4 (*Trichoderma sp.*: cepa 4) y T7 (EM 15 %), de lo cual se puede establecer que la aplicación de EM presenta un mayor rendimiento en las plantas de quinua; mientras que los menores rendimientos se obtuvieron con T9 (testigo absoluto) y T3 (*Trichoderma sp.*: cepa 3).

Peña *et al.* (2016) reportan que, respecto a la influencia de los tratamientos en el comportamiento agroproductivo del cultivo de maíz en cuanto a las mazorcas por planta, hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tratamiento con microorganismos eficientes y el control, con un incremento de 15,88 %. En la masa de las mazorcas con paja también hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos tratamientos y el incremento de la variante con microorganismos respecto al control fue de 14,91 %. Un comportamiento similar fue el de la variable masa de la mazorca sin paja con un incremento de 29,81 % del tratado respecto al control. En nuestra investigación, el incremento del rendimiento en el tratamiento T6 (EM 10 %), respecto al testigo absoluto, fue del 75 %, situación concordante con la investigación efectuada en maíz. Este comportamiento puede estar atribuido a la acción benéfica que realizan los microorganismos en el sistema suelo-planta (rizosfera) que podrían acelerar el proceso de reciclaje de nutrientes disponible para las plantas (Higa y Parr, 1994) y garantizar mayor crecimiento y desarrollo de las parcelas inoculadas respecto al testigo absoluto.

Mamani y Aliaga (2017) reportan que los rendimientos de grano de quinua con la aplicación de biol ha sido realizada con un intervalo de siete días en tres momentos de desarrollo y crecimiento de la planta y el rendimiento del grano se observa en cada nivel de aplicación, para el biol-60 se registra un rendimiento de 319,89 g/m2, que es igual 3 198,9 kg/ha, mientras para el nivel de aplicación de biol-20 logra un rendimiento de 236,72 g/m2 (2367,2 kg/ha). Los resultados obtenidos en nuestra investigación son similares comparando con el biol que cumpliría funciones similares a las del EM.

Hay reportes que indican que de treinta cepas de Trichoderma seis inhibieron la enfermedad y, a su vez, mejoraron el crecimiento de las plantas (Plata y Calizaya, 2013); lo cual concuerda con los resultados de esta investigación. Los efectos de las cepas Trichoderma sp. sobre el crecimiento y el

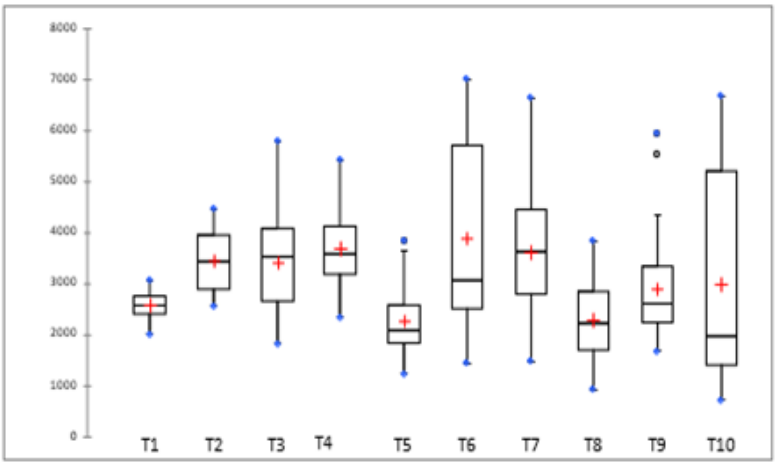
desarrollo de las plantas tienen implicaciones económicas importantes, así como mejorar el vigor de las plantas para superar las tensiones bióticas y abióticas (Toghueo *et al.*, 2016). En tal sentido, el uso de estas cepas en la mejora y la protección del crecimiento de las plantas es de mucha importancia en un agroecosistema sostenible, ya que los agroquímicos no son rentables a largo plazo debido a su costo y a la contaminación ambiental. La promoción del crecimiento de las plantas se observa a menudo en respuesta a la colonización de *Trichoderma sp.* (Harman, 2006). Es muy probable que las cepas de Trichoderma endófito puedan crear condiciones de crecimiento más favorables que conduzcan a un mejor crecimiento de la planta. (Toghueo *et al.*, 2016). Los resultados coincidieron con los hallazgos de otros investigadores que sugirieron que, además de su capacidad de biocontrol, algunas especies de Trichoderma sp. son capaces de promover el crecimiento de las plantas (Harman, 2006). Asimismo, muchos estudios demostraron que plantas infectadas con endófitos obtienen promoción del crecimiento, la resistencia al estrés por sequía y la tolerancia a las condiciones inadecuadas del suelo. Por ejemplo, semillas tratadas con la cepa T22 de T. harzianum respondieron positivamente y hubo un aumento de rendimiento (Harman, 2006); aplicaciones de Trichoderma sp. endófito con fertilizantes orgánicos e inorgánicos en plantaciones de cacao obtuvieron incrementos porcentuales positivos en el rendimiento respecto al control absoluto (Tuesta-Pinedo *et al.*, 2017). También señalan que la mejora del crecimiento de la planta puede estar influenciada por compuestos como fitohormonas producidas por hongos endófitos como el ácido indolacético (IAA) y sus análogos. Además, la producción de algunos ácidos orgánicos, tales como los ácidos glucónico cítrico o fumárico, dando como resultado la solubilización de fosfatos (Toghueo *et al.*, 2016).

Tabla 23. *Rendimiento en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mínimo	2022,00	2544,00	1825,00	2354,00	1248,00	1436,00	1473,00	901,00	1694,00	723,00
Máximo	3073,00	4443,00	5776,00	5426,00	3836,00	6996,00	6631,00	3815,00	5933,00	6676,00
Media	2589,10	3425,48	2,262,87	3697,00	3401,43	3871,70	3603,70	2894,90	2261,00	2991,73
D.E.	263,14	587,38	949,75	748,02	673,48	1756,95	1307,51	831,61	1033,63	2060,20

En la Figura 13, se evidencia que se obtuvo el mayor rendimiento en T6 (EM 10 %) con promedio de 3871,70 kg/ha; en segundo lugar, el T3 (*Trichoderma sp.*: cepa 3) con 3697,00; mientras que el menor rendimiento se obtuvo con T9 (testigo absoluto) con 2262,87 y el T8 (mezcla de Trichoderma sp. cepas 1, 2, 3 y 4 y EM 10 %), respectivamente.

Figura 9. *Rendimiento en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*



El análisis de varianza (Tabla 24) mostró la existencia de una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) para los tratamientos, de lo cual se interpreta que por lo menos uno de los tratamientos presentó diferente respuesta al resto; por lo cual se procedió con una prueba de rango múltiple para un análisis de ordenamiento.

Tabla 24. *Análisis de varianza para rendimiento en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Fuente	DF	S.C.	C.M.	F-valor	Pr > F
Modelo	11	14,9121535	1,35565032	10,62	< 0,0001
Tratamientos	9	11,6447253	1,29385837	10,14	< 0,0001
Bloques	2	3,2674282	1,6337141	12,8	< 0,0001
Error	288	36,7558579	0,12762451		
Total	**299**	**51,6680114**			

Nota. Y = log(Y); CV = 4,49 %

La Tabla 25 muestra la prueba de rango múltiple para rendimiento de quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de *Trichoderma sp.* endófito y microorganismos eficaces, se identifica que los tratamientos que presentaron menor rendimiento, estadísticamente ($p < 0,01$), fueron el tratamiento T9 (testigo absoluto: sin tratamiento) con 2262,87 y el T3 (*Trichoderma sp.* cepa 3: UNA-TE-R-2) con 2262,9. Sin embargo, el tratamiento T6 (EM 10 %) presentó el mayor rendimiento, de lo cual se puede establecer que la aplicación de EM 10 % repercute en la disminución significativa del daño en las plantas de quinua y lógicamente en el mayor rendimiento de quinua.

Tabla 25. *Prueba de rango múltiple para rendimiento en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Duncan (agrupamiento)			Media (kg/ha)	N	Tratamientos
	A		3871,7	30	T6
	A		3697,0	30	T4
B	A		3603,7	30	T7
B	A	C	3425,5	30	T2
	D	C	2894,9	30	T8
B	D	C	2991,7	30	T10
E	D		2589,1	30	T1
B	A	C	3401,43	30	T5
E			2262,9	30	T3
E			2261,0	30	T9

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (α = 0,05)

b) Altura de planta

En la Tabla 26, se reporta que el tratamiento T6 (EM 10 %) presentó el mayor crecimiento de la planta con promedio de 112,23 cm; en segundo lugar, el tratamiento T2 (*Trichoderma sp.*: cepa 2) con 109,8 cm; mientras que la menor altura de planta se obtuvo con el tratamiento T9 (testigo absoluto) con 90,57 cm y T10 (testigo relativo: tratamiento químico), con 93,28 cm. Existe una relación directa entre el rendimiento y la altura de planta en el tratamiento T6 (EM 10 %), además se tiene el mayor rendimiento y la mayor altura de planta. Asimismo, el tratamiento T9 (testigo absoluto) también tiene relación directa en el rendimiento y la altura de planta, teniendo un menor rendimiento y una menor altura de planta. En términos generales, el parámetro altura de planta estaría influenciado por el porcentaje de EM aplicado, puesto que al 10 % su comportamiento es óptimo, con lo cual logra un crecimiento y un rendimiento mayor incluso al EM al 15 %, y el EM 5 % sería insuficiente para lograr un rendimiento y un crecimiento óptimos.

Mamani y Aliaga (2017) afirman que, con diferentes niveles de aplicación de biol como biofertilizante o bioestimulante en el cultivo de quinua, se ha obtenido resultados que varían de 99,58 a 115,99 cm. Asimismo, reporta que la altura de planta alcanzada con la aplicación de biol y urea se ha logrado desarrollar 113,82 cm de altura en promedio de los niveles de aplicación con biol, frente al testigo que ha desarrollado una altura de 99,58 cm que significa el 12 % menos. Estas diferencias podrían atribuirse a las condiciones del suelo, al manejo durante el desarrollo del cultivo y el comportamiento climático. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos en

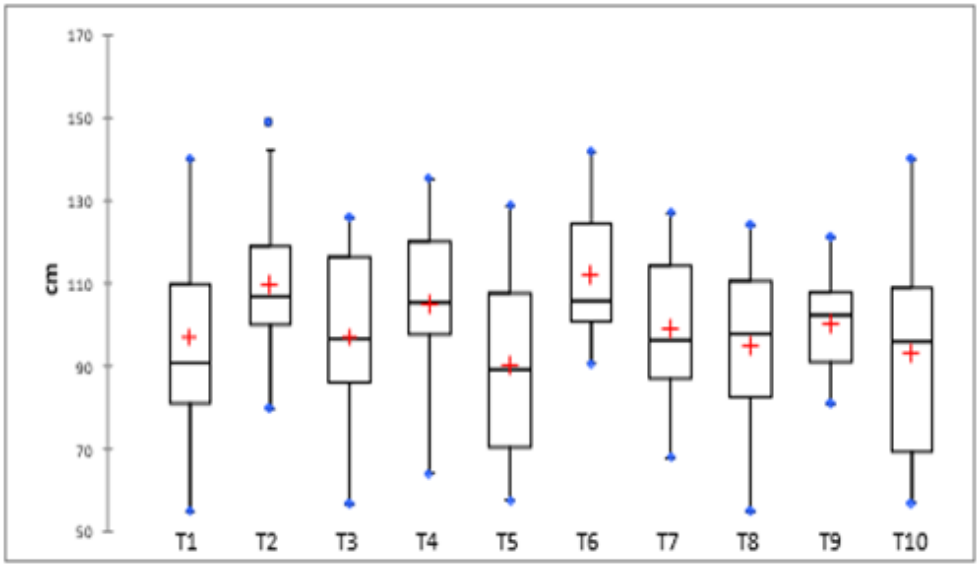
nuestra investigación, tomando en cuenta que el biol cumpliría similares funciones al EM como biofertilizante (Medina, 2015).

Tabla 26. *Altura de planta (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mínimo	55,00	80,00	57,00	64,00	58,00	91,00	68,00	55,00	81,00	57,00
Máximo	140,00	149,00	126,00	135,00	129,00	142,00	127,00	124,00	121,00	140,00
Media	97,3	109,8	97,4	104,93	100,2	112,23	99,3	94,95	90,57	93,28
D.E	21,39	16,39	21,90	19,19	21,56	15,54	17,24	19,50	11,19	25,97

Se obtuvo la mayor altura de planta en T6 (EM 10 %) con promedio de 112,23 cm; en segundo lugar, el T2 (Trichoderma sp. cepa 2) con 109,8 cm; mientras que la menor altura de planta se obtuvo con el T9 (testigo absoluto) con 90,57 cm y el T10 (testigo relativo: tratamiento químico) con 93,28 cm.

Figura 10. *Altura de planta (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces*



El análisis de varianza mostró la existencia de diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) para los tratamientos, de lo cual se interpreta que por lo menos uno de los tratamientos presentó diferente respuesta al resto; por lo cual se procedió con una prueba de rango múltiple para un análisis de ordenamiento.

Tabla 27. *Análisis de varianza para altura de planta (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces*

Fuente	DF	S.C.	C.M.	F-valor	Pr > F
Modelo	11	4,35457895	0,3958701	11,94	<0,0001
Tratamientos	9	1,60955021	0,1788381	5,39	<0,0001
Bloques	2	2,74502874	1,3725147	41,38	<0,0001
Error	288	9,55170206	0,0331653		
Total	299	13,9062812			

Nota. Y = log(Y); CV = 3,97 %

La prueba de rango múltiple (Tabla 28) permitió identificar que los tratamientos que presentaron mayor altura de planta estadísticamente ($p < 0,01$) fueron en T6 (EM 10 %), T2 (Trichoderma sp. cepa 2), de lo cual se puede establecer que la aplicación de EM y Trichoderma sp. presenta una mayor altura de planta en las plantas de quinua; mientras que las menores alturas se obtuvieron con el tratamiento T9 (testigo absoluto) y T10 (testigo relativo: tratamiento químico).

Tabla 28. *Prueba de rango múltiple para altura de planta (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Duncan (agrupamiento)		Media (cm)	N	Tratamientos
	A	112,233	30	T6
	A	109,8	30	T2
B	A	104,933	30	T4
B	C	100,2	30	T5
B	C	99,3	30	T7
B	C	97,4	30	T3
B	C	97,233	30	T1
	C	94,95	30	T8
	C	93,283	30	T10
	C	90,567	30	T9

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$)

c) Longitud de panoja

En la Tabla 29, se reporta que se obtuvo la mayor longitud de panoja en el tratamiento T6 (EM 10 %) con promedio de 38,60 cm; en segundo lugar, el tratamiento T2 (*Trichoderma sp.* cepa 2) con 36,37 cm; mientras que la menor longitud de panoja se obtuvo en el tratamiento T9 (testigo absoluto) con 27,87 cm y T10 (testigo relativo: tratamiento químico) con 28,60 cm. De acuerdo al análisis en el tratamiento T6, existe una relación directa en los parámetros rendimiento, altura de planta y longitud de panoja, puesto que en este tratamiento se ha logrado el mayor rendimiento, la mayor altura de planta y la mayor longitud de panoja. De igual manera, en el tratamiento T9, dichos parámetros presentan los menores rendimientos, altura de planta y longitud de panoja. En tal sentido, el parámetro longitud de panoja estaría influenciado directamente por el porcentaje de EM aplicado, puesto que al 10 % su comportamiento es óptimo, lo cual logra un crecimiento y un rendimiento mayor incluso al EM al 15 %, que sería excesivo, y el EM 5 % sería insuficiente para lograr un rendimiento y un crecimiento óptimos.

Mamani y Aliaga (2017) reportan que el tamaño de panoja es uno de los componentes que sirve para los fines de cálculo del rendimiento del grano de quinua, además de que la panoja constituye una estructura fundamental de la arquitectura de la planta de quinua, en la que se forman y se disponen los granos de quinua hasta la madurez fisiológica de los granos, que alcanzan de 28,8 a 33,0 cm, que son tamaños que contienen los granos. Estos datos coinciden con la longitud de la panoja determinada en la investigación.

Delgado y Benavides (citados por Flores, 2017) reportan longitudes de panoja entre 22 y 40 cm, y relacionan este componente con la altura de las plantas: a mayor altura de planta, mayor longitud de panoja. Asimismo, los resultados obtenidos en la investigación coinciden con el reporte de estos autores, ya que el tratamiento T6 (EM 10 %) tuvo la mayor altura de planta y la mayor longitud de panoja.

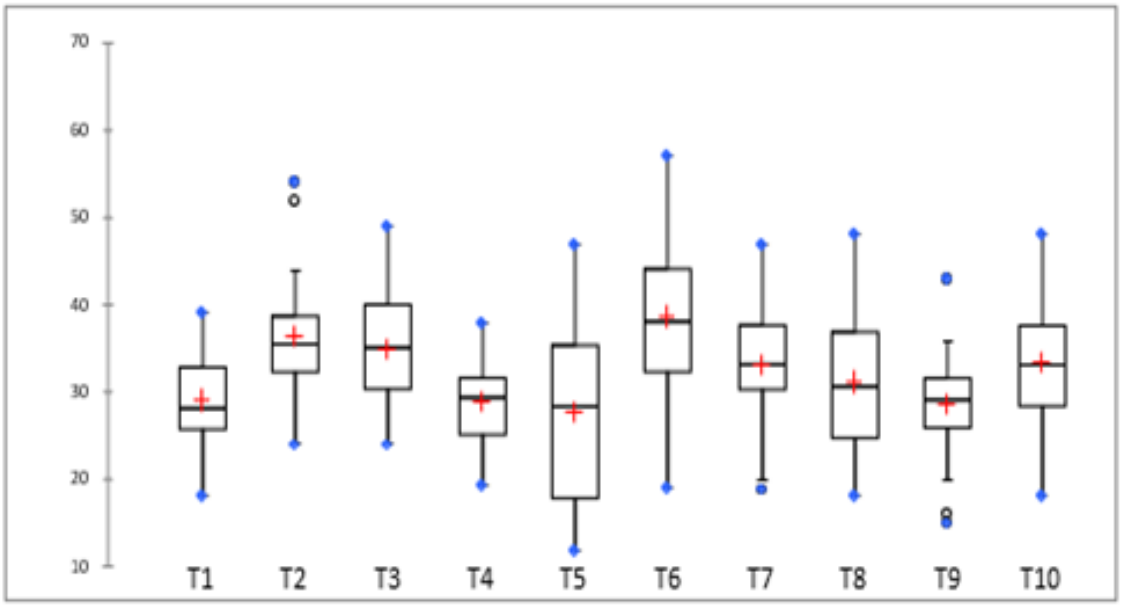
El potencial de crecimiento de longitud de panoja de la variedad Salcedo INIA es de 70 cm. En condiciones óptimas y controladas, esta variedad podría llegar hasta 70 cm de longitud de panoja. En la investigación, el tratamiento T6 con la mayor longitud de panoja llegó a 38,60 cm, mucho menor a su potencial, aunque este parámetro tiene relación directa con el rendimiento: a mayor rendimiento, mayor tamaño de panoja. En este tratamiento, se llega casi al rendimiento potencial de 4,000 kg/ha, con lo cual se puede afirmar que las panojas han sido compactas, con bastante contenido de granos y con muy poco daño por efecto de plagas como el kcona kcona; situación que se confirma con los datos de incidencia de esta plaga, donde este tratamiento es uno de los que tuvo menor incidencia de esta plaga, que consecuentemente tuvo mayor rendimiento.

Tabla 29. *Longitud de panoja (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces.*

Estadístico	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mínimo	18.00	24.00	24.00	19.50	12.00	19.00	19.00	18.00	15.00	18.00
Máximo	39.00	54.00	49.00	38.00	47.00	57.00	47.00	48.00	43.00	48.00
Media	33.26.9	36.37	35.00	29.10	28.60	38.60	33.20	31.12	**27.87**	28.60
D.E.	5.08	6.36	6.62	4.75	9.72	9.16	6.45	8.44	5.77	7.26

Como se observa en la Figura 15, se obtuvo la mayor longitud de panoja en T6 (EM 10 %) con promedio de 38.60 cm; en segundo lugar, el T2 (*Trichoderma sp.* cepa 2) con 36.37 cm; mientras que la menor longitud de panoja se obtuvo con el T9 (testigo absoluto) con 27.87 cm y T10 (testigo relativo: tratamiento químico) con 28.60 cm.

Figura 11. *Longitud de panoja (cm) en quinua (variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces*



El análisis de varianza mostró la existencia de diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$) para los tratamientos, de lo cual se interpreta que por lo menos uno de los tratamientos presentó diferente respuesta al resto, por lo cual se procedió con una prueba de rango múltiple para un análisis de ordenamiento.

Tabla 30. *Análisis de varianza para longitud de panoja (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces*

Fuente	DF	S.C.	C.M.	F-valor	Pr > F
Modelo	11	5.30541093	0.4823108	9.58	<.0001
Tratamientos	9	3.79944538	0.4221606	8.39	<.0001
Bloques	2	1.50596555	0.7529827	14.96	<.00
Error	288	14.49462651	0.0503286		
Total corregido	299	19.80003744			

Nota. Y = log(Y); CV = 6.52 %

La prueba de rango múltiple permitió identificar que los tratamientos que presentaron mayor longitud de panoja estadísticamente ($p < 0.01$) fueron en T6 (EM 10 %), T2 (Trichoderma sp. cepa 2), de lo cual se puede establecer que la aplicación de EM y Trichoderma presenta una mayor longitud de panoja en las plantas de quinua; mientras que las longitudes menores se obtuvieron con T9 (testigo absoluto) y T10 (testigo relativo: tratamiento químico).

Tabla 31. *Prueba de rango múltiple para longitud de panoja (cm) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces*

Duncan (agrupamiento)		Media (cm)	N	Tratamientos
	A	38.6	30	T6
B	A	36.37	30	T2
B	A	35.00	30	T3
B	C	33.26	30	T1
B	C	33.2	30	T7
D	C	31.12	30	T8
D		29.10	30	T4
D		28.90	30	T10
D		28.60	30	T5
D		27.87	30	T9

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha = 0.05$)

d) Peso seco de granos de quinua (gr)

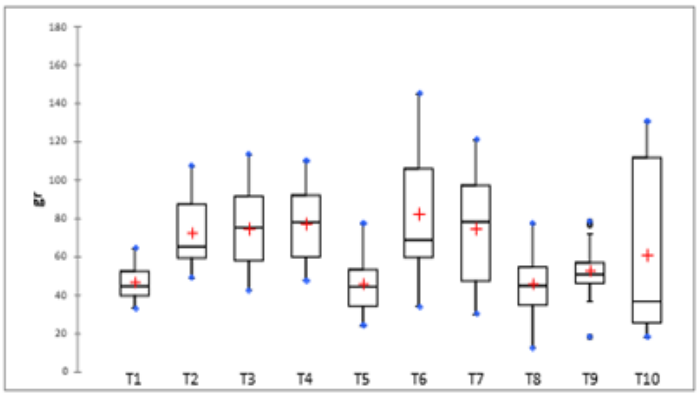
En la Tabla 32, se reporta que se obtuvo el mayor peso seco de granos de quinua en el tratamiento T6 (EM 10 %) con un promedio de 82.63 gr/panoja; en segundo lugar, el tratamiento T4 (*Trichoderma sp.* cepa 4) con 76.98 gr/panoja; mientras que el menor peso seco se obtuvo en el tratamiento T9 (testigo absoluto) con 45.50 gr y el T10 (testigo relativo: tratamiento químico) con 46.96 gr/panoja. De acuerdo al análisis en el tratamiento T6, existe una relación directa en los parámetros rendimiento, altura de planta, longitud de panoja y peso seco de granos de quinua, puesto que en este tratamiento se ha logrado el mayor rendimiento, la mayor altura de planta y la mayor longitud de panoja y el mayor peso seco de los granos. De igual manera, en el tratamiento T9, dichos parámetros presentan los menores rendimientos, altura de planta, longitud de panoja y peso seco. En tal sentido, el parámetro peso seco de grano estaría influenciado directamente por el porcentaje de EM aplicado, puesto que al 10 % su comportamiento es óptimo, con lo cual se logra un crecimiento y un rendimiento mayor incluso al EM al 15 %, que sería excesivo, y el EM 5 % sería insuficiente.

Tabla 32. *Peso seco (gr) de quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces*

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mínimo	33.61	49.33	42.24	47.76	23.95	34.48	30.35	12.88	18.47	18.24
Máximo	64.85	107.48	113.18	109.92	77.12	145.61	121.56	77.65	77.79	130.80
Media	46.96	72.46	74.26	76.98	52.2	82.63	74.8	61.08	45.5	46.08
D.E.	9.66	16.53	21.17	19.56	14.69	31.82	27.78	16.46	12.16	42.97

Se obtuvo el mayor peso seco en T6 (EM 10 %) con promedio de 82.63 gr/panoja; en segundo lugar, el T4 (*Trichoderma sp.* cepa 4) con 76.98 gr/panoja; mientras que el menor peso seco se obtuvo con el T9 (testigo absoluto) con 45.50 gr y T10 (testigo relativo: tratamiento químico) con 46.96 gr (véase Figura 16).

Figura 12. *Peso seco (gr) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces*



El análisis de varianza mostró la existencia de diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$) para los tratamientos, de lo cual se interpreta que por lo menos uno de los tratamientos presentó diferente respuesta al resto; por lo cual se procedió con una prueba de rango múltiple para un análisis de ordenamiento.

Tabla 33. *Análisis de varianza de peso seco (gr) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces*

Fuente	DF	S.C.	C.M.	F-valor	Pr > F
Modelo	11	19.45046864	1.76822442	13.81	< .0001
Tratamientos	9	16.15015188	1.79446132	14.02	< .0001
Bloques	2	3.30031676	1.65015838	12.89	< .0001
Error	288	36.86845811	0.12801548		
Total corregido	299	56.31892675			

Nota. Y = log(Y); CV = 8,82 %

La prueba de rango múltiple permitió identificar que los tratamientos que presentaron mayor peso seco estadísticamente ($p < 0.01$) fueron en T6 (EM 10 %), T4 (Trichoderma sp. cepa 4), T7 (EM 15 %) y T3 (Trichoderma sp. cepa 3); de lo cual se puede establecer que la aplicación de EM y Trichoderma sp. permite obtener un mayor peso seco en las plantas de quinua, mientras que los menores pesos secos se obtuvieron con T9 (testigo absoluto) y en T10 (testigo relativo: tratamiento químico).

Tabla 34. *Prueba de rango múltiple de peso seco (gr) en quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces*

Duncan (agrupamiento)		Media (gr)	N	Tratamientos
	A	82.634	30	T6
	A	76.975	30	T4
	A	74.796	30	T7
	A	74.257	30	T3
B	A	72.459	30	T2
B	C	61.076	30	T8
D	C	52.196	30	T5
D		46.96	30	T1
D		46.079	30	T10
D		45.498	30	T9

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (α = 0.05)

III) Determinar la rentabilidad económica del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variante Salcedo INIA, con la aplicación de cepas de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces (EM)

En la Tabla 35, se reporta el costo de producción por cada tratamiento proyectado a 1 ha; también, en función al rendimiento obtenido y el precio del producto en el mercado local, se ha determinado el ingreso bruto, también se ha determinado la utilidad y, finalmente, el porcentaje de rentabilidad.

De igual manera, se observa que la mayor rentabilidad se obtuvo en el tratamiento T6 (EM 10 %) con 535.22 %. Conjuntamente con el tratamiento T4 (Trichoderma sp. cepa 4) con 522.67 % de rentabilidad. Los tratamientos con menores porcentajes de rentabilidad fueron el tratamiento T10 (testigo relativo: tratamiento químico karate) con 358.70 % y los tratamientos T9 (testigo absoluto) y T3 (Trichoderma sp. cepa 3) con 426.56 % y 473.66 %, respectivamente. En el tratamiento T10 (testigo relativo: tratamiento químico karate), se obtuvo el rendimiento más bajo a diferencia de los demás, situación que repercutió lógicamente en la utilidad y la rentabilidad.

La utilidad y la rentabilidad están supeditadas al costo de producción y el rendimiento obtenido en cada tratamiento. En el tratamiento T6 (EM-1 al 10 %), se obtuvo el mayor rendimiento con 3,871.7 kg/ha. El costo de producción fue relativamente alto a diferencia de los demás tratamientos; aun así, la utilidad y la rentabilidad fueron las más altas.

Los costos de producción obtenidos para cada uno de los tratamientos son relativamente mayores a lo que reporta la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (2011): los costos de producción de una hectárea de quinua orgánica no llegan a los mil dólares (USD 910), pues no requieren inversiones mayores en labores culturales, los costos de los productos orgánicos de control y el abonado son de bajo costo. Considerando una producción media de 760 kg/ha y un precio de venta de USD 120 por quintal, el ingreso bruto es de USD 2040.00, lo cual genera un beneficio total de USD 1130.00 por ha/año. Es importante detallar que los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos son altos en comparación a lo reportado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (2011), situación que ha repercutido positivamente en la utilidad y la rentabilidad obtenidas en el trabajo de investigación. El efecto de los microorganismos eficaces y las cepas de Trichoderma sp., e incluso del tratamiento químico, fue positivo y se pudo afirmar que se protegió del ataque del kcona kcona.

Campos *et al.* (2013) afirman que el incremento de poblaciones de polilla de quinua kcona kcona, en parcelas que tienden a la mayor intensificación, repercute como uno de los factores importantes de producción, en la disminución de rendimiento y, directamente, el agricultor afrontará pérdidas económicas que, según sea el grado de intensificación, podrán ser hasta más de tres veces que las pérdidas que se pueden tener en parcelas que conservan su rotación tradicional. Esto definitivamente sucede en parcelas de agricultores que practican una agricultura de subsistencia y no aplican ninguna medida de control ni mucho menos realizan las labores que son muy importantes para el crecimiento y el desarrollo de las plantas; entonces, se puede afirmar que los productos biológicos utilizados han ayudado a que las plantas soporten el ataque del kcona kcona y, consecuentemente, se logre muy buenos rendimientos, utilidad y rentabilidad.

Tabla 35. *Proyección de rentabilidad/tratamiento en la parcela experimental de quinua variante Salcedo INIA, con aplicaciones de Trichoderma sp. endófito y microorganismos eficaces*

Tratamientos	Microorganismo/ Producto	Costo de producción (S/)	Rendimiento promedio (kg)	Precio de quinua/ kg (S/)	Ingreso bruto (S/)	Utilidad (S/)	Rentabilidad (%)
T1	*Trichoderma sp.* (cepa 1)	2859.00	2859.10	6.00	15,534.60	12,675.60	489.58
T2	*Trichoderma sp.* (cepa 2)	2859.00	3,425.48	6.00	20,552.88	17,693.88	516.54
T3	*Trichoderma sp.* (cepa 3)	2859.00	2,262.87	6.00	13,577.22	10,718.22	473.66
T4	*Trichoderma sp.* (cepa 4)	2859.00	3,697.00	6.00	22,182.00	19,323.00	522.67
T5	Microorganismos eficaces (EM-1) 5 %	3,016.00	3,401.43	6.00	20,408.58	17,392.58	511.33

T6	Microorganismos eficaces (EM-1) 10 %	3,041.00	3,871.70	6.00	23,230.20	20,189.20	535.20
T7	Microorganismos eficaces (EM-1) 15 %	3,066.00	3,603.70	6.00	21,622.20	18,556.20	514.92
T8	Mezcla de *Trichoderma sp.* cepas 1, 2, 3 y 4 y EM-10 %	2,999.00	2,894.90	6.00	17,369.40	14,370.40	496.40
T9	Testigo absoluto	2,791.00	2,261.00	5.50	12,435.50	9,644.50	426.56
T10	Testigo relativo (karate: tratamiento químico)	2,911.00	2,060.20	5.00	10,301.00	7,390.00	358.70

4.1. Conclusiones

La menor incidencia se registró en el tratamiento T10 (testigo relativo: tratamiento químico karate) seguido por el tratamiento T6 (EM 10 %), lo que nos permite concluir que la aplicación de EM-1 al 10 % influye en la baja incidencia de kcona kcona. De igual manera, la mayor incidencia de larvas de kcona kcona se registró en el tratamiento T9 (testigo absoluto: sin tratamiento), seguido por el tratamiento T3 (Trichoderma sp. cepa 3: UNA-TE-R-2).

El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento T6 (EM 10 %) con un promedio de 3,871.70 kg/ha, seguido por el tratamiento T4 (*Trichoderma sp.* cepa 4: SG-TE-126) con un rendimiento de 3,697.00 kg/ha; mientras que el menor rendimiento se obtuvo en el tratamiento T9 (testigo absoluto: sin tratamiento) con 2,261 kg/ha, seguido del tratamiento T3 (*Trichoderma sp.* cepa 3: UNA-TE-R-2) con 2,262.87 kg/ha.

La mayor rentabilidad se obtuvo en el tratamiento T6 (EM-1 10%) con 535.22 % de rentabilidad, seguido por el tratamiento T4 (Trichoderma sp. cepa 4: SG-TE-126) con 522.67 %. Los tratamientos con menor porcentaje de rentabilidad fueron el tratamiento T10 (testigo relativo: tratamiento químico karate) con 358.70 %, tratamientos T9 (testigo absoluto: sin tratamiento) y T3 (Trichoderma sp. cepa 3: UNA-TE-R-2) con 426.56% y 473.66%, respectivamente.

4.2. Recomendaciones

Evaluar el efecto de microorganismos eficaces al 10 % y *Trichoderma sp.* cepa 4: ICT-TE-126, para la incidencia de Eurysacca sp. con diferentes variedades de quinua y a diferentes zonas agroecológicas de la región Puno.

Evaluar el efecto de microorganismos eficaces al 10 % y *Trichoderma sp.* cepa 4: SG-TE-126, para el rendimiento de variedades de quinua a nivel de diversas zonas agroecológicas.

Realizar estudios de rentabilidad de producción de quinua con aplicaciones de microorganismos eficaces al 10 % y *Trichoderma sp.* cepa 4: SG-TE-126, a nivel de variedades de quinua y zonas agroecológicas.

CAPÍTULO V

EFECTO DE LAS PLAGAS EN LA PÉRDIDA DE LOS CULTIVOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA WILLD.

A través del tiempo, desde los albores de la humanidad hasta nuestros días, la actividad y producción agrícola ha sido considerada como una de las áreas que más ha contribuido en el desarrollo y avance de la historia humana, puesto que permitió, permite y permitirá su crecimiento en todo nivel: desde la consolidación del sedentarismo, el nacimiento del comercio, la división del trabajo, la seguridad alimentaria, la producción económica y otros (Banco Mundial, 2007). Así también, durante las últimas décadas, la agricultura ha abierto las puertas a los mercados interno y externo en los países productores, la posibilidad de comercializar y exportar cultivos.

En ese sentido, no sorprende que la quinua sea uno de los productos más antiguos e importantes, no solo para las regiones altoandinas que atraviesa América del Sur, sino en casi todo el mundo, debido a su alto valor nutricional para la alimentación animal y humana. Si bien su concentración y preparación se da con mayor en dichos espacios geográficos, de un tiempo a esta parte su cultivo se expandió a diversos países europeos y asiáticos con resultados promisorios. Este grano andino posee un valor excepcional e histórico en la dieta de las poblaciones altiplánicas prehispánicas, razón por la que se le considera una semilla ancestral. Al respecto, puede decirse que este grano de origen andino se ha cultivado, aproximadamente, hace más de siete mil años por culturas preincaicas e incaicas. Sin embargo, cabe resaltar que no existen evidencias profundas y determinantes a nivel lingüístico, etnográfico o histórico que puedan establecer con precisión la antigüedad real del grano y sus procesos de domesticación.

Los primeros descubrimientos en torno a la quinua y su empleo en la agricultura fueron en la región altoandina peruana, luego estos se extendieron. De ahí que otros autores ubiquen esta fecha entre, aproximadamente, de los 3 000 o 5 000 a.C. Asimismo, al arribo de los españoles, la quinua poseía ya una amplísima difusión en el territorio americano. Por lo tanto, si se tiene en cuenta que este grano ha sido empleado, distribuido y aprovechado en diversos valles andinos, extendiéndose desde el norte de Colombia hasta el sur de Chile, puede reconocerse, con mayor firmeza, que fue de gran importancia para las culturas precolombinas, puesto que se incluyó en la dieta de sus pobladores. Aunado a ello, las zonas altoandinas presentan condiciones climáticas difíciles y adversas, lo cual limita considerablemente las actividades de agricultura. La excelente capacidad adaptativa que presenta la quinua, la cual le permite crecer en diversos pisos agroecológicos y resistir bajas temperaturas, le permitió fungir como un alimento gravitante para las personas que, desde tiempos remotos, se asentaron en dichas zonas.

Con el pasar del tiempo y tras la colonización española, este grano fue dejado de lado y reemplazado por otros tipos de alimentos como la papa y el maíz, los cuales se tornaron capitales para las dietas alimenticias de la zona; sin embargo, este hecho fue cambiando durante las últimas décadas debido a la cada vez más elevada y requerida demanda por productos con alto valor nutricional, así

como por la recuperación cultural andina. Todo ello permitió la introducción de la quinua para su producción, consumo, comercialización y exportación, gracias a los múltiples beneficios que este grano tiene entre su composición, tanto más cuanto su empleo es apto en ámbitos disímiles como lo son la alimentación humana y animal, el uso medicinal e, incluso, industrial.

En tales términos, se sostiene que la quinua ha contribuido con la alimentación de los pobladores de las zonas altoandinas y otras regiones gracias a la versatilidad que posee para prepararse entre comidas y bebidas, siendo una de las más consumidas y recomendadas para las personas; asimismo, es aprovechada para la alimentación de ganado, con los residuos de las cosechas, mientras tanto sus hojas y sus tallos poseen propiedades medicinales, que se utilizan como cicatrizantes, desinflamantes y analgésicos. Por otro lado, su uso industrial se da en la fabricación de repelentes de insectos y el almidón, tras ser modificado, puede ser empleados en aerosoles, talcos, plásticos, entre otros productos.

Así pues, la demanda de quinua en todo el mundo se traduce en una amplia variedad de presentaciones: snacks, orgánica, harina, entre otros. Dentro de los países que reciben más quinua en todo el mundo se encuentra, en primer lugar, Estados Unidos, seguido por Canadá, Francia, Países Bajos y España (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020); con lo que se suele elaborar comida para bebés, tortillas y alimentos veganos; y el consumo per cápita en países es liderado por Canadá y sucedido por Holanda, Francia y Australia (Pefaur-Lepe, 2018).

Ahora bien, es posible reconocer dos requisitos indispensables en lo concerniente a la comercialización industrial de la quinua: primero, su concentración ha de ser en "volúmenes mayores a 12 tonelada con una frecuencia mensual" (Chacchi, 2009, p.6) y, segundo, debe de pasar por procesos de "transformación, es decir como quinua lavada" (Chacchi, 2009, p.6). Perú es, junto con Bolivia, los más grandes exportadores. Perú el más grande proveedor de quinua: ocupa el 40.8 % de la oferta global. (Andina, 2020). En ese sentido, el país peruano se erige como el más importante en ello, en el 2021, su producción de quinua creció en 46 kg un 75.2 %, por lo que se promovió desde el Gobierno su cultivo en Cusco, Ayacucho y Apurímac. (INEI, 2021) La demanda nacional, dentro de Lima, es bastante grande en el Mercado Mayoristas N°1 (La Parada), en Supermercados, empresas procesadoras, programas sociales; internacional, grano, orgánico, real, cosmeceutico, hojuelas, perlada, dulce (Chacchi, 2009).

Es un grano de rápida germinación en condiciones ambientales; se debe industrializar la quinua, elabora productos procesados que se puedan conservar con facilidad (Mendoza-Rodas y Miranda-Peralta, 2019). De esta manera, se resaltan los grandes beneficios que se atribuye al consumo y la industrialización de la quinua, con lo cual contribuye a una mayor producción de este grano. No obstante, en todo el proceso de cultivo, en el desarrollo de la quinua, no está exento de sufrir el embate de diferentes plagas, sean causadas por "insectos, aves, nematodos, roedores, enfermedades (hongos, bacterias y virus) y malezas" (Delgado-Mamani, 2021, p.8), esto resulta mucho más significativo si se considera que se trata de cultivos de vastas proporciones, lo que representa una gran preocupación para los agricultores, por el nivel de daños y pérdidas que puedan tener. Estas pueden alcanzar cifras cercanas al 40 %, afectando a plantas —en su crecimiento y reproducción— y semillas (Zurita-Silva y Quiroz, 2015).

Además, las plagas de la quinua van a estar determinadas a las condiciones del entorno donde se desarrolla el cultivo, afectando así a nivel parcial o total la producción de los granos. En este sentido, Huamán-Gavidia (2018) distingue que las plagas van a establecerse sobre los cultivos

según lo favorecedor que resulte el ambiente, ello apoyará a que la densidad poblacional de insectos incrementa o disminuya. Las plagas tendrán la capacidad de regular su densidad en función a las condiciones que se dan dentro de su especie y las que propicie el entorno, lo cual se realiza a través de la destrucción de los cultivos para preservar su especie o incrementarla (Cruces y Callohuari, 2016b). De tal modo, se comprende que su población no es constante, en la medida que evidencia una mayor densidad en épocas de verano, lo cual representa mayores daños, en dicha época del año, para la producción de quinua.

Cabe destacar que existen determinadas clases de insectos que se propagan por temporadas. Estos afectan a nivel parcial los cultivos de quinua, de ahí que los daños se darán en periodos delimitados de tiempo que abordan sus etapas de desarrollo. Sin embargo, existen otras clases de plagas, capaces de atacar los cultivos a lo largo de todo el año y en cualquier etapa estacional de este. Siendo la especie más perjudicial plagas, el kcona kcona, que ataca los cultivos de quinua durante todo el año y afecta considerablemente su nivel de producción. (Gómez-Pando y Aguilar-Castellanos; 2016). Ante estos inconvenientes atravesados, los cuales afectan directamente al rendimiento de los cultivos de quinua, los agricultores optan por el uso de herramientas para enfrentar y disminuir los riesgos de pérdida, ya sea con elementos naturales —como los microorganismos eficientes— o artificiales —como los plaguicidas—.

En estos términos, los microorganismos eficientes han sido de gran utilidad para los agricultores a fin de contribuir con la subsanación de daños o protección para sus cultivos de las plagas que aquejan; en la elaboración de alimentos sin agroquímicos, procesamiento de alimentos, entre otros (Tanya-Morocho y Leiva-Mora, 2019). En la actualidad, estos microorganismos son aprovechados por las industrias alimentarias, así como en el manejo de residuos sólidos, de tal modo que representa una herramienta esencial para el sector agropecuario, lo cual también permite un desarrollo sostenible de sus producciones. El manejo de estos microorganismos sobre la producción de quinua se da porque estos contribuyen con los niveles de crecimiento y germinación de las semillas, les brindan la protección necesaria durante su desarrollo para que puedan enfrentar las plagas y las enfermedades, lo que propicia el incremento en la calidad y la productividad de los cultivos de quinua (Gómez-Pando y Aguilar-Castellanos, 2016) (Dughetti, 2015). Por consiguiente, el uso de microorganismos ha sido ampliamente utilizado para el control eficiente de plagas, lo cual ha facultado la reducción de daños ocasionados sobre los cultivos de quinua; asimismo, contribuye con el incremento de la calidad y el rendimiento de estos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, D. (2020). *Evaluación de levaduras altoandinas como promotoras de crecimiento vegetal* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15390

Álvarez, M. (2018). *Caracterización de microorganismos benéficos provenientes de tres pisos altitudinales de Azuay-Ecuador y su influencia en el cultivo de fresa* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1370497

Andina. *Mercados internacionales demandan quinua con valor agregado.* 6 de julio de 2020. Andina. https://bit.ly/3tmu3q5

Apaza, V. y Delgado, P. (2005). *Manejo de quinua orgánica.* INIA ILLPA.

Arichávala, A. e Idrovo, J. (2020). La quinua como patrimonio cultural en la gastronomía de la comunidad de Quilloac en Cañar, Ecuador título. *Revista de Turismo, Patrimonio y Desarrollo, 13,* 1-25. https://bit.ly/3MsXfTc

Bae, H., Sicher, R., Kim, M., Kim, S-H., Strem, M., Melnick, R. y Bailey, B. (2009). The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset the drought response in *Theobroma cacao. Journal of Experimental Botany, 60*(11), 3279-3295. https://doi.org/10.1093/jxb/erp165

Banco Mundial. (2007). *Informe sobre el desarrollo mundial 2008. Agricultura para el desarrollo. Panorama general.* Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. https://bit.ly/3moHD8t

Barrantes, M. (2016). *Cría en condiciones controladas de la polilla de la quinua* (Eurysacca melanocampta) *y sus niveles de parasitismo natural en comunidades del Altiplano centro y norte* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10316

Bernays, E. y Chapman, R. (1994). *Host-plant selection by phytophagous.* Springer Science & Business Media.

Castro, J. (2019). *Presencia y patogenicidad del virus de la poliedrosis nuclear en larvas de lepidópteros del cultivo de quinua en la región Puno* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13884

Campos, E., Bravo, R., Valdivia, R. y Soto, J. (2013). Plagas insectiles en áreas de intensificación de quinua en Puno. *CienciAgro, 3*(1), 55-66. https://www.institutoagrario.org/cienciagro

Cercado, N. (2020). *Uso de microorganismos eficientes (ME) como alternativa sustentable y sostenible en la producción agrícola* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Babahoyo]. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8354

Cervantes, R., y Reyna, T. (2019). *Identificación fitoquímica y aislamiento de microorganismos endófitos de Agave americana* [Tesis de bachiller, Universidad María Auxiliadora]. https://hdl.handle.net/20.500.12970/238

Chacchi-Tello, K. (2009). *Demanda de la quinua (Chenopodium quinoa Willdenow) a nivel industrial.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. https://hdl.handle.net/20.500.12996/1642

Chavez, L. (2018). *Producción de quinua* (Chenopodium quinoa W.) var. INIA *Salcedo en el distrito de Hunter, zonas de Tingo Grande y Huasacache - Arequipa* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín]. http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4766

Cobo-Monterroza, R., Rosas-Quijano, R., Gálvez-López, D., Adriano-Anaya, L. y Vásquez-Ovando A. (2019). Bacterias ácido lácticas nativas como cultivo iniciador para la elaboración de queso crema mexicano. *Agronomía Mesoamericana*, *30*(3), 855-870. https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34673

Costa, J. Yábar, E. y Gianoli, E. (2009). Parasitismo sobre *Eurysacca melanocampta Meyrick* (Lepidoptera: Gelechiidae) en dos localidades de Cusco, Perú. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, *62*(1), 4807-4813. https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24879

Cruces, L., Callohuari, Y. y Carrera, C. (2016a). Quinua: *manejo integrado de plagas. Estrategias en el cultivo de la quinua para fortalecer el sistema agroalimentario en la zona andina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/3/i6038s/i6038s.pdf

Cruces, L. y Callohuari, Y. (2016b). *Guía de identificación y control de las principales plagas que afectan a la quinua en la zona andina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.bivica.org/file/view/id/4881

Cutipa, J. (2017). *Estudio de la capacidad biodegradativa de Trichoderma sp. para Profenofos* [tesis de maestría, Universidad Católica Santa María]. http://hdl.handle.net/20.500.12390/1743

Delgado-Mamani, P., Goyzueta-Hancco, W., Farfán-Loaiza, D. y Chura-Parisaca, E. (2021). *Boletín técnico: Manejo de Plagas de la Quinua para una Agricultura Orgánica*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1352

Domínguez, L., Ramírez, G. y Estefano, M. (2018). *Características funcionales y nutricionales de la quinua y el amaranto, para mejorar el estado nutricional de los preescolares en Ecuador* [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal de Milagro]. http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3983

DRA-PUNO. (2017). Oficina de Estadística Agraria e Informática. https://bit.ly/3zovCYu

Dughetti, A. (2015). *Plagas de la quinua y sus enemigos naturales en el valle inferior del Río Colorado*. Ediciones INTA. https://bit.ly/3MpQvFx

Estrada-Zúñiga, R. (2010). *Cultivo de Quinua en la región Cusco*. INIA. Programa Nacional de Innovación Agraria en Cultivos. http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/106

Fairlie, A. (2016). *La quinua en el Perú: cadena exportadora y políticas de gestión ambiental*. Pontificia Universidad Católica del Perú. https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/54092

Figueroa-Pedraza, D. (2003). Seguridad alimentaria familiar. *Revista Salud Pública y Nutrición*, *4*(2). https://bit.ly/3zmzqJD

Flores, S. (2017). *Caracterización agronómica y variabilidad genética de progenies de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) procedentes de autofecundaciones S5 de cruzas simples cercanas y distantes genéticamente* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7416

Flores-Pacheco, J. (2017). Antagonismo in vitro de hongos endófitos para su uso en el biocontrol de enfermedades forestales. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, (23), 58-71. https://doi.org/10.5377/farem.v0i23.5475

García, M. y Plazas, N. (2018). La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en los sistemas de producción agraria. *Revista Producción + Limpia*, *13*(1), 112-119. http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/pl/article/view/1803

Gómez-Pando, L. y Aguilar-Castellanos, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. Organización de las Naciones

Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Universidad Nacional Agraria La Molina. https://bit.ly/3az2zXY

Gordillo-De Anda, G. (2004). Seguridad alimentaria y agricultura familiar. *Revista de la CEPAL*, (83), 71-84. http://hdl.handle.net/11362/10965

Harman, G. (2006). Overview of mechanisms and uses of Trichoderma spp. *Phytopathology*, *96*(2), 190-194. https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0190

Heredia-Castro, P., Hernández-Mendoza, A., González-Córdova, A. y Vallejo-Cordoba, B. (2017). Bacteriocinas de bacterias ácido lácticas: mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos. *Interciencia*, *42*(6), 340-346. https://www.interciencia.net/volumen-42/numero-06/

Higa, T. y Parr, J. (1994). *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment.* International Nature Farming Research Center. https://www.the-compost-gardener.com/support-files/em-1-higa-paper.pdf

Huamán-Gavidia, J. (2018). Ocurrencia estacional de insectos plaga y sus enemigos naturales en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en Lajas, Chota. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]. http://hdl.handle.net/20.500.14074/2556

Huillca, M. (2019). *Comparativo de rendimiento de grano, caracterización botánica, comportamiento fenológico y contenido de saponina de 11 líneas promisorias de quinua (Chenopodium quinoa Willdenow) bajo condiciones del Centro Agronómico K'ayra-Cusco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/3570

INEI. *Producción de quinua creció 75.2 % durante Junio de 2021. Nota de Prensa N° 129.* 24 de agosto de 2021. https://bit.ly/3NumTZ2

Jacobsen, S. Mujica, A. y Ortiz, R. (2003). La Importancia de los Cultivos Andinos. *Fermentum*, *13*(36), 14-24. http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/20610

Ku-Soria, P. (2017). Perú como primer exportador de quinua a nivel mundial. *Quipukamayoc*, *25*(47), 75-83. https://doi.org/10.15381/quipu.v25i47.13805

Letourneau, D. and Altieri, M. (1999) Environmental Management to Enhance Biological Control in Agroecosystems. In: Bellows, T.S., Fisher, T.W., Caltagirone, L.E., Dahlsten, D.L., Gordh, G. and Huffaker, C.B., Eds., *Handbook of Biological Control*, *Academic Press*, San Diego, 319-354. https://doi.org/10.1016/B978-012257305-7/50061-8

López-Ferrer, U., Brito-Vega, H., López-Morales, D., Salaya-Domínguez, J., y Gómez-Méndez, E. (2017). Papel de Trichoderma en los sistemas agroforestales-cacaotal como un agente antagónico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *20*(1), 91-100. https://www.redalyc.org/pdf/939/93950595003.pdf

López-Ferrer, U., Brito-Vega, H., López-Morales, D., Salaya-Domínguez, J., y Gómez-Méndez, E. (2017). Papel de Trichoderma en los sistemas agroforestales-cacaotal como un agente antagónico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *20*(1), 91-100. https://www.redalyc.org/pdf/939/93950595003.pdf

Luna, M. y Mesa, J. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, *4*(2), 31-40. https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84

Mamani, F. (2018). Estudio de la fauna de entomopatógenos de lepidópteros en el cultivo de quinua, en la región de Puno [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7813

Mamani, F. y Aliaga, S. (2017). Efectos de aplicación con biol en la producción de quinua (Chenopodium quinoa Willd). *Revista APTHAPI, 3*(3), 713-717. http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/166

Mamani, G. (2017). Aislamiento y caracterización de hongos endófitos del cafeto (Coffea arabica L.) como biocontrolador de la roya amarilla (Hemileia vastatrix Berk. & Br.) y promotor de crecimiento en San Juan del Oro [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6863

Mancilla, P. (2016). *Identificación de fuentes de infestación de la polilla de la quinua* (Eurysacca spp.) en la comunidad de Kolluhuma, provincia Aroma, La Paz [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/13008

Martínez-Zazo, A. y Pedrón-Giner, C. (2016). *Conceptos básicos en alimentación.* Nutricia. Advanced Medical Nutrition. https://bit.ly/3ayBMe2

Medina, F. (2015). *Valoración agronómica del cultivo de quinua* (Chenopodium quinoa Willd.) variedad "real blanca" por efecto de tres niveles de humus de lombriz y biol en condiciones de zonas áridas [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/402

Mendoza-Rodas, Z., Miranda-Peralta, A. (2019). *Industrialización de la Quinua. Ciencia & Desarrollo*, (6), 103-107. https://doi.org/10.33326/26176033.1999.6.117

Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). *Análisis Económico de la Producción Nacional de la Quinua.* Ministerio de Agricultura y Riego. http://repositorio.minagri.gob.pe/jspui/handle/MINAGRI/359

Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). Manejo Agronómico. Prácticas de conservación de suelos, producción, comercialización y perspectivas de granos andinos. Ministerio de Agricultura y Riego. https://bit.ly/3xrGpQh

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2020). *Análisis de Mercado – Quinua 2015 – 2020.* Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. https://bit.ly/3xq3WAY

Montes, C., Burbano, G., Muñoz, E. y Calderón, Y. (2018). Descripción del ciclo fenológico de cuatro ecotipos de (Chenopodium quinoa Willd.) en Puracé - Cauca, Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 16*(2), 26-37. https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/1163

Mujica, A, Jacobsen, S. e Izquierdo, J. (1998). Libro de campo: prueba americana y europea de quinua (Chenopodium quinoa Willd.). Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe.

Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J. y Marathee, J. (Eds.) (2001). Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*); Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO.

Mujica, A. y Jacobsen, S. (2006). La quinua (Chenopodium quinoa Willd) y sus parientes silvestres. En M. Moraes, B. Øllgaard, L. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés

Nathaniel O., Sam, A.R.M., Lim, N.H.A.S., Adebisi, O. y Abdulkareem, M. (2020). Biogenic approach for concrete durability and sustainability using effective microorganisms: A review. Construction and Building Materials, 261, 119664. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119664

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. (2011). *La quinua: cultivo milenario*

para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

Ortiz, R. (1993). *Insectos plaga en quinua*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe.

Ostos-Ortiz, O., Rosas-Arango, S. y González-Devia, J. (2019). Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos. *NOVA*, *17*(31), 129-163. https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/950

Palao-Iturregui, L., Canaza-Cayo, A. y Beltrán-Barriga, P. (2019). Producción agroecológica de ecotipos de quinua de colores (*Chenopodium quinoa Willd.*) con microorganismos eficaces. *Revistas de Investigaciones Altoandinas*, *21*(3), 173-181. https://doi.org/10.18271/ria.2019.475

Paris, M. (2016). *Diversidad y distribución de hongos endófitos en endemismos canarios* [Trabajo de fin de grado, Universidad de La Laguna]. https://bit.ly/3xoIOen

Pefaur-Lepe, J. (2018). *Mesa de la quínoa*. [Diapositivas de PowerPoint]. https://es.readkong.com/page/mesa-de-la-qu-noa-junio-2018-8375892

Peña, K., Rodríguez, J., Olivera, D., Fuentes, P., y Melendrez, J. (2016). Prácticas agrícolas sostenibles que incrementan los rendimientos de diferentes cultivos en Sancti Spíritus, Cuba. *Agronomía Costarricense*, *40*(2), 117-127. https://doi.org/10.15517/rac.v40i2.27391

Plata, G., y Calizaya, J. (2013). Control biológico del mildiu de la quinua utilizando diferentes aislamientos de Trichoderma sp. En M. Vargas (Ed.). *Congreso Científico de la Quinua (Memorias)* (pp. 455-464). https://bit.ly/3az1AH1

Puente, P. (2017). *Evaluación de la actividad antioxidante de extractos crudos de hongos endófitos asociados a ecosistemas tropicales del valle del Cauca* [Tesis de pregrado, Universidad Icesi]. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2941710?show=full

Ramírez, D., Ramírez, E. y Sáenz, L. (2016). Propiedades alimenticias de la quinua y sus paradojas de exclusión e inclusión social en el Perú (2011-2014). *Investigaciones Sociales*, *20*(36), 231-246. https://doi.org/10.15381/is.v20i36.12993

Rasmussen, C., Jacobsen, S. y Lagnaoni, A. (2001). Las polillas de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el Perú: Eurysacca (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Peruana de Entomología*, *42*(1), 57-59. https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/139

Rojas, W., Vargas, A. y Pinto, M. (2016). La diversidad genética de quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, *3*(2), 7-14. http://riiarn.agro.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/65

Reyes-Montaño, E. (2006). Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región andina. *Avances. Investigación en Ingeniería*, (5), 86-97. https://bit.ly/3O0OUae

Silva, M., Rojas, R., Manzanilla, R., Macías, M., Aranda, S. y Zavaleta, E. (2020). Hongos endófitos: una alternativa biológica para el manejo de nematodos fitoparásitos. *Nematropica*, *50*(1), 101-117. https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/126284

Schoonhoven, L., Van Loon, J. y Dicke, M. (2005). Insect-plant biology. OUP Oxford.

Tanya, M., y Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, *46*(2), 93-103. http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-46-2019/no-2-abr-jun-2019/1155-microorganismos-eficientes-propiedades-funcionales-y-aplicaciones-agricolas

Toghueo, R., Eke, P., Zabalgogeazcoa, Í., Rodríguez, B., Nana, L. y Boyom, F. (2016). Biocontrol and growth enhancement potential of two endophytic Trichoderma spp. from Terminalia catappa against the causative agent of Common Bean Root Rot (Fusarium solani). *Biological Control*, *96*, 8-20. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.01.008

Torres-Torres, F. (coord.) (2003). *Seguridad alimentaria: seguridad nacional*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Tuesta-Pinedo, Á., Trigozo-Bartra, E., Cayotopa-Torres, J., Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C., Zúñiga-Cernandez, L. y Leon-Ttacca, B. (2017). Optimización de la fertilización orgánica e inorgánica del cacao (*Theobroma cacao L.*) con la inclusión de *Trichoderma* endófito y micorrizas arbusculares. *Revista Tecnología en Marcha*, *30*(1), 67-78. https://doi.org/10.18845/tm.v30i1.3086

Vargas, L. (2019). *Aplicación de microorganismos eficientes para mejorar la descomposición de residuos sólidos orgánicos en el centro compostero de Granja Porcón-Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/36071

Vargas, P., Arteaga, R. y Cruz, L. (2019). Análisis bibliográfico sobre el potencial nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa*) como alimento funcional. *Revista Centro Azúcar*, *46*(4), 89-100. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/19

Zamudio, D. (2018). Relación de la morfología de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. https://hdl.handle.net/20.500.12996/3446

Zurita-Silva, A. y Quiroz, C. (2015). Plagas y enfermedades en el cultivo de quínoa. En I. Matus-Tejos (Ed.). *El cultivo de la quínoa en Chile. Chile: Boletín INIA – Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N°362*. 87-103. https://hdl.handle.net/20.500.14001/6727


EDITORIAL
TERCER SOL
MEXICO