

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



“BIOFERTILIZACIÓN CON CEPAS DE *Trichoderma* sp SOBRE EL
CRECIMIENTO Y NUTRICIÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) VAR.
SALCEDO INIA EN CONDICIONES DE INVERNADERO”

TESIS

PRESENTADA POR:

NORA ORTIZ CALCINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN:

GESTION AMBIENTAL

PROMOCIÓN: 2014 - II

PUNO - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“BIOFERTILIZACIÓN CON CEPAS DE *Trichoderma* sp SOBRE EL CRECIMIENTO Y NUTRICIÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) VAR. SALCEDO INIA EN CONDICIONES DE INVERNADERO”

TESIS

PRESENTADA POR:

NORA ORTIZ CALCINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: GESTION AMBIENTAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 DE ENERO DEL 2017

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

Ing. M.Sc. Juan Larigo Vera

PRIMER MIEMBRO

Dr. Ernesto Javier Chura Yupanqui

SEGUNDO MIEMBRO

Ing. M.Sc. Francis Miranda Choque

DIRECTOR DE TESIS

Ing. M.Sc. Angel Cani Choquehuanca

ASESOR DE TESIS

Dra. Betsabe León Ttacca

Ing. M.Sc. Daniel Canaza Mamani

PUNO - PERÚ
2017

Área : (Ciencias agrícolas)

Tema : (Manejo agronómico de plagas y enfermedades en cultivos andinos, tropicales, forestales y pasturas)



DEDICATORIA

A DIOS

El presente trabajo se la dedico a Dios como ser supremo y creador nuestro y de todo los que nos rodea, y a Jesús quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A MIS PADRES

A la persona, que hasta ahora no deja sorprenderme; por su contagiante fuerza de voluntad, su paciencia, amor, comprensión y esmero al trabajar diario para darme lo mejor de sí. Mi Madre Raymunda Calcina Vilcapaza y en memoria de León Ortiz Vilca Mi Padre, el mejor padre del mundo, Quién con su Ejemplo de vida, me enseñó a mirar el futuro con esperanza.

A MIS HERMANAS Y HERMANOS

En especial a Nelly Soledad por confiar siempre en mí, y nunca defraudar su palabra por enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme, por apoyarme y guiarme, por ser la base que me ayudo a llegar hasta aquí.

A Elías, Reynaldo, Elsa, Efraín, Olga, Gladis Luisa, por el gran apoyo y ejemplo que ellos me profesan son las herramientas que siempre estuvieron presentes para lograr este objetivo.

A MIS SOBRINAS Y SOBRINOS

A Carmen del Rosario Macedo Ortiz, Axel Rosse Sacari Ortiz, Abdel Ortiz Mamani, Tatiana Samanta Ortiz Barraza, y en memoria de Nicol Shandal Ortiz Barraza, quienes, por sus palabras y gestos de estimación, por el hermoso regalo de existir en mi vida.

A MI DIRECTOR Y ASESORA

Al Ing.M. Sc. Ángel Cari Choquehuanca y a la Dra. Betsabe León Ttacca, por su gran colaboración y confianza necesaria y la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación.

AI PERSONAL ADMINISTRATIVO DE LA FCA

Al Sr. Nemesio Carrion Coyla, Norma Luz Choquecahua Morales, Luciano Dueñas Quispe, Francisco Sosa, Benito Fernandez Calloapaza, Felix Coila Humpiri, Martin Cayo Garate, Guillermo Perez Durand, Ing. Amadeo Dueñas Dueñas, Josefa Verastegui Contreras, Juan Ponce Huarcaya, Gabino Quispe Chalco, Julian Apaza Condori, este nuevo logro es gran parte gracias a ustedes; he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea titánica e interminable muchas gracias a ustedes, personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar y los finos deleites de la vida.

Nora Ortiz Calcina

AGRADECIMIENTOS

A ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad esta meta anhelada, tú amor y tu bondad no tiene fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de lo que pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras y gracias por todas las personas que has puesto en mi camino porque todas ellas me han dado alguna lección de vida.

A la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme permitido ser parte de la gente que se ha formado y en ella a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por haberme formado profesionalmente.

A mi asesora de tesis Dra. Betsabe León TTacca, por su dedicación, sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y motivación han sido fundamentales para mi formación como investigadora. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con ella por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado esta tesis.

Al Ing. M. Sc. Angel Cari Choquehuanca mi Director gracias por el tiempo, dedicación y paciencia en la elaboración de este proyecto.

Al Ing. M. Sc Julio Choque Lázaro. No podría sentirme más ameno con la confianza puesta sobre mi persona, especialmente cuando he contado con su mejor apoyo.

Al Ing. M. Sc. Lenin Flores Huanta, docente del Centro de Computo de la UNA gracias por permitirme dar un paso más en mi vida. Por qué han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida.

Al Ing. M. Sc. Juan Larico Vera, Ing. M. Sc. Francis Miranda Choque, por la revisión y corrección que sin duda mejoraron este trabajo de investigación y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

Al personal administrativo Sr. Félix Coila Humpiri, Benito Fernandez Calloapaza, Norma Luz Choquecahua Morales, Amadeo Dueñas Dueñas, Luciano Dueñas Quispe, por facilitarme los laboratorios quienes han sido parte fundamental para la realización de este

proyecto, ellos son quienes me dieron grandes enseñanzas y los principales protagonistas de esta meta alcanzada.

Al Ing. M.Sc Dawes Alata Ramos y al Sr. Nemesio Carrion Coila por brindarme el invernadero de la EPIA, gracias por el apoyo desinteresado que me brindaron.

A Delia Supo mi Amiga y Yonatan A. Poccohuanca que en forma directa o indirecta y aun sin saberlo, me ayudo, ya sea poniendo a mi disposición el valor incalculable de sus conocimientos, compartiendo mis dudas y ansiedades, o apoyándome e impulsándome para que siguiese adelante.

A mis compañeras(os) de Carrera: Norma Condori Mamani, Hermelinda Coillo Valero, Elizabeth Blanco Torres, Lisbeth Zhaly Huaman Hilari, Shirley Llanos Ticono, Lizardo Huanaco Flores, quiénes han creído en mí, siempre dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. A todas ellas dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo. A ellos mis más grandes y mejores deseos.

Gracias

ÍNDICE

| | Pág. |
|---|-------------|
| RESUMEN | 21 |
| ABSTRACT..... | 22 |
| I. INTRODUCCIÓN | 23 |
| II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 26 |
| 2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 26 |
| 2.2. ANTECEDENTES | 28 |
| 2.3. OBJETIVOS | 32 |
| 2.3.1. Objetivo general..... | 32 |
| 2.3.2. Objetivos específicos | 32 |
| III. MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN | 33 |
| 3.1. MARCO TEÓRICO | 33 |
| 3.1.1. Cultivo de quinua..... | 33 |
| 3.1.2. Características generales del invernadero | 45 |
| 3.1.3. Aspectos generales de fertilidad de quinua..... | 46 |
| 3.1.4. Características generales de <i>Trichoderma</i> spp..... | 48 |
| 3.1.5. Condiciones de crecimiento..... | 49 |
| 3.1.6. Necesidades nutricionales..... | 51 |
| 3.1.7. Solarización | 52 |
| 3.2. MARCO CONCEPTUAL | 54 |
| 3.2.1. Asepsia..... | 54 |
| 3.2.2. Agar | 54 |
| 3.2.3. Antibiótico | 54 |
| 3.2.4. Autoclave | 54 |
| 3.2.5. Biofertilizantes..... | 54 |
| 3.2.6. Biomasa | 55 |
| 3.2.7. Caldo de cultivo | 55 |
| 3.2.8. Conidia..... | 55 |
| 3.2.9. Espora | 55 |
| 3.2.10. Esterilización | 55 |
| 3.2.11. Hongos | 56 |
| 3.2.12. Inocular | 56 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.13. Materia seca | 56 |
| 3.2.14. Medio de cultivo | 56 |
| 3.2.15. Melaza..... | 57 |
| 3.2.16. Peletizar | 57 |
| 3.2.17. Solarización | 57 |
| 3.2.18. <i>Trichoderma</i> | 57 |
| 3.2.19. Via drench..... | 57 |
| 3.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION..... | 58 |
| 3.3.1. Hipótesis general..... | 58 |
| 3.3.2. Hipótesis específica | 58 |
| IV. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN..... | 59 |
| 4.1. MATERIALES DE ESTUDIO..... | 59 |
| 4.1.1. Material vegetal | 59 |
| 4.1.2. Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | 59 |
| 4.2. METODOLOGIA..... | 60 |
| 4.2.1. Fase laboratorio..... | 60 |
| 4.2.2. Fase invernadero | 64 |
| 4.2.3. Evaluación del efecto de los dos métodos de inoculación de cepas de <i>Trichoderma</i> sp en el crecimiento y rendimiento de quinua..... | 68 |
| 4.2.4. Evaluación del efecto de cepas de <i>Trichoderma</i> sp en la nutrición de plantas de quinua y características químicas del sustrato | 70 |
| 4.3. PARAMETROS EVALUADOS | 71 |
| 4.3.1. Altura de planta..... | 71 |
| 4.3.2. Número de hojas | 71 |
| 4.3.3. Diámetro de tallo | 71 |
| 4.3.4. Longitud radicular..... | 72 |
| 4.3.5. Biomasa | 72 |
| 4.3.6. Rendimiento de semillas de quinua | 72 |
| 4.3.7. Contenido de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en plantas de quinua | 73 |
| 4.3.8. Contenido de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en sustrato suelo | 73 |
| 4.4. DISEÑO ESTADÍSTICO | 73 |
| 4.5. OBSERVACIONES TOMADAS DURANTE EL EXPERIMENTO | 74 |
| 4.5.1. Registro de temperatura del invernadero | 74 |
| 4.5.2. Plagas y enfermedades | 76 |
| 4.6. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INVESTIGACIÓN..... | 77 |
| 4.6.1. Ámbito de estudio..... | 77 |
| 4.6.2. Ubicación política | 77 |

| | |
|---|-----------|
| 4.6.3. Ubicación geográfica | 77 |
| 4.6.4. Duración del proyecto..... | 77 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 78 |
| 5.1. EFECTO DE LOS DOS MÉTODOS DE INOCULACIÓN DE CEPAS DE <i>Trichoderma</i> sp EN CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN QUINUA VAR. SALCEDO INIA | 78 |
| 5.1.1. Altura de planta (Inicio de panoja, inicio de floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica) | 78 |
| 5.1.2. Número de hojas | 83 |
| 5.1.3. Diámetro del tallo | 88 |
| 5.1.4. Longitud radicular..... | 92 |
| 5.1.5. Biomasa | 95 |
| 5.1.6. Rendimiento de semillas de quinua var. Salcedo INIA | 107 |
| 5.1.7. Efecto de cepas de <i>Trichoderma</i> sp en la nutrición de plantas de quinua var. Salcedo INIA en invernadero..... | 111 |
| 5.1.8. Influencia de cepas de <i>Trichoderma</i> sp en las características químicas del substrato suelo de plantas de quinua Var. Salcedo INIA en invernadero | 113 |
| CONCLUSIONES | 115 |
| RECOMENDACIONES..... | 116 |
| BIBLIOGRAFIA | 117 |
| ANEXOS | 131 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Cuadro 1. Valor cultural de la semilla..... | 59 |
| Cuadro 2. Procedencia de cepas de <i>Trichoderma</i> sp..... | 59 |
| Cuadro 3. Tratamiento según método de inoculación con cepas de <i>Trichoderma</i> sp. en semillas de quinua var Salcedo INIA..... | 66 |
| Cuadro 4. Peso de arroz colonizado con cepas <i>Trichoderma</i> sp..... | 66 |
| Cuadro 5. Registro de temperatura del invernadero..... | 74 |
| Cuadro 6. Análisis de varianza para altura de planta de quinua var. Salcedo INIA en 5 evaluaciones..... | 79 |
| Cuadro 7. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación con significancia estadística..... | 79 |
| Cuadro 8. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de <i>Trichoderma</i> sp con significancia estadística..... | 80 |
| Cuadro 9. Análisis de varianza para número de hojas de las 5 Evaluaciones realizadas. | 84 |
| Cuadro 10. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación con significancia estadística sobre número de hojas..... | 84 |
| Cuadro 11. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de <i>Trichoderma</i> con significancia estadística sobre número de hojas..... | 85 |
| Cuadro 12. Análisis de varianza para diámetro de tallo de las 4 evaluaciones realizadas. | 88 |
| Cuadro 13. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación con significancia estadística sobre diámetro de tallo. | 89 |
| Cuadro 14. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de <i>Trichoderma</i> con significancia estadística sobre diámetro de tallo. | 89 |
| Cuadro 15. Análisis de varianza para longitud de raíces..... | 92 |
| Cuadro 16. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre longitud de raíces..... | 93 |
| Cuadro 17. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de <i>Trichoderma</i> sp con significancia estadística sobre Longitud radicular..... | 93 |
| Cuadro 18. Análisis de varianza de biomasa fresca aérea de plantas de quinua..... | 96 |
| Cuadro 19. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre biomasa fresca aérea de planta de quinua..... | 96 |
| Cuadro 20. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de <i>Trichoderma</i> sp sobre peso fresco de biomasa aérea de planta de quinua..... | 97 |
| Cuadro 21. Análisis de varianza para peso fresco de biomasa radicular de plantas de quinua. | 100 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro 22. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre peso fresco de biomasa radicular de planta de quinua..... | 100 |
| Cuadro 23. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de <i>Trichoderma</i> sobre peso fresco de biomasa radicular de la planta de quinua..... | 101 |
| Cuadro 24. Análisis de varianza para peso seco de la parte aérea de planta de quinua. | 103 |
| Cuadro 25. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre peso seco de biomasa aérea de planta de quinua. | 103 |
| Cuadro 26. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de <i>Trichoderma</i> sobre peso seco de biomasa aérea de planta de quinua. | 104 |
| Cuadro 27. Análisis de varianza para peso seco de biomasa radicular de la planta de quinua. | 105 |
| Cuadro 28. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre peso seco de biomasa radicular de la planta de quinua. | 106 |
| Cuadro 29. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de <i>Trichoderma</i> sobre peso seco de biomasa radicular de la planta de quinua. | 106 |
| Cuadro 30. Análisis de varianza para rendimiento de grano..... | 108 |
| Cuadro 31. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre rendimiento de semillas..... | 108 |
| Cuadro 32. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de <i>Trichoderma</i> sp con significancia estadística sobre rendimiento de semillas de quinua o grano. | 109 |
| Cuadro 33. Análisis de varianza para altura de planta en la primera evaluación a los 68 días después de la siembra (Inicio de panojamiento) | 132 |
| Cuadro 34. Análisis de varianza para altura de planta en la segunda evaluación a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)..... | 132 |
| Cuadro 35. Análisis de varianza para altura de planta en la tercera evaluación a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso)..... | 132 |
| Cuadro 36. Análisis de varianza para altura de planta en la cuarta evaluación a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso) | 133 |
| Cuadro 37. Análisis de varianza para altura de planta en la quinta evaluación a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica) | 133 |
| Cuadro 38. Análisis de varianza para número de hojas en la primera evaluación a los 68 días después de la siembra (Inicio de panojamiento) | 134 |
| Cuadro 39. Análisis de varianza para número de hojas en la segunda evaluación a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)..... | 134 |
| Cuadro 40. Análisis de varianza para número de hojas en la tercera evaluación a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso)..... | 134 |

| | |
|---|-----|
| Cuadro 41. Análisis de varianza para número de hojas en la cuarta evaluación a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso) | 135 |
| Cuadro 42. Análisis de varianza para número de hojas en la quinta evaluación a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica) | 135 |
| Cuadro 43. Análisis de varianza para diámetro de tallo en la primera evaluación a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)..... | 136 |
| Cuadro 44. Análisis de varianza para diámetro de tallo en la segunda evaluación a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso)..... | 136 |
| Cuadro 45. Análisis de varianza para diámetro de tallo en la tercera evaluación a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso) | 137 |
| Cuadro 46. Análisis de varianza para diámetro de tallo en la cuarta evaluación a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica) | 137 |
| Cuadro 47. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de <i>Trichoderma</i> sp sobre longitud de raíces | 138 |
| Cuadro 48. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de <i>Trichoderma</i> sp sobre peso fresco de biomasa radicular de la planta de quinua | 138 |
| Cuadro 49. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de <i>Trichoderma</i> sobre peso fresco de biomasa aérea de planta de quinua..... | 139 |
| Cuadro 50. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de <i>Trichoderma</i> sp sobre peso seco de la parte aérea de planta de quinua | 139 |
| Cuadro 51. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de <i>Trichoderma</i> sp sobre peso de biomasa radicular seco de la planta de quinua | 140 |
| Cuadro 52. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de <i>Trichoderma</i> sp sobre rendimiento de semillas..... | 140 |
| Cuadro 53. Primera evaluación de altura de plantas a los 68 días después de la siembra (Inicio de panojamiento) | 141 |
| Cuadro 54. Segunda evaluación de altura de plantas a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración) | 141 |
| Cuadro 55. Tercera evaluación de altura de plantas a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso)..... | 142 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro 56. Cuarta evaluación de altura de plantas a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso)..... | 142 |
| Cuadro 57. Quinta evaluación de altura de plantas a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica)..... | 143 |
| Cuadro 58. Primera evaluación de número de hojas de quinua a los 68 días después de la siembra (Inicio de panojamiento)..... | 144 |
| Cuadro 59. Segunda evaluación de hojas de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración) | 144 |
| Cuadro 60. Tercera evaluación de número de hojas de quinua a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso) | 145 |
| Cuadro 61. Cuarta evaluación de números de hojas a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso)..... | 145 |
| Cuadro 62. Quinta evaluación de hojas de plantas de quinua a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica) | 146 |
| Cuadro 63. Primera evaluación de diámetro de tallos de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)..... | 147 |
| Cuadro 64. Segunda evaluación de diámetro de tallos de quinua a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso) | 147 |
| Cuadro 65. Tercera evaluación de diámetro de tallos de quinua a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso) | 148 |
| Cuadro 66. Cuarta evaluación de diámetro de tallos de quinua a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica) | 148 |
| Cuadro 67. Evaluación de longitud radicular de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración) | 149 |
| Cuadro 68. Peso fresco de biomasa radicular de las plantas de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración) | 149 |
| Cuadro 69. Peso fresco aéreo de biomasa de las plantas de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)..... | 150 |
| Cuadro 70. Peso seco de la parte área de la planta de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)..... | 150 |
| Cuadro 71. Peso seco de raíz de la planta de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración) | 151 |
| Cuadro 72. Evaluación de rendimiento de quinua a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica)..... | 151 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Reactivación y multiplicación de cepas de <i>Trichoderma</i> sp A) Siembra de cepas de <i>Trichoderma</i> sp en medio PSA. B) Placas con cepas de <i>Trichoderma</i> sp incubadas a una temperatura de 25°C. C) Desarrollo de conidias de <i>Trichoderma</i> sp en medio de PSA a los 5 días de edad. D) Observación de las características microscópicas de <i>Trichoderma</i> sp (40X) | 61 |
| Figura 2. Producción de <i>Trichoderma</i> sp. A.) Pesado de 400 g. de arroz. B) Incorporación de bicarbonato de sodio al sustrato de arroz C). Material autoclave a 120 °C, a una presión de 15 lbs. por 20 minutos. D) Incorporación de medio de PSA colonizadas con cepas de <i>Trichoderma</i> sp a bolsas con sustrato arroz. E). Bolsas de sustrato arroz con cepas de <i>Trichoderma</i> sp en incubadora F). Producción de conidias de <i>Trichoderma</i> sp en sustrato de arroz. | 62 |
| Figura 3. Conteo de conidias de <i>Trichoderma</i> sp A) Peso de arroz de 1g B) Tubo de ensayo con agua destilada de 9ml para el lavado de arroz colonizado con <i>Trichoderma</i> sp. C) Dilución madre de <i>Trichoderma</i> sp D) Suspensión de conidias de <i>Trichoderma</i> sp E) Suspensión de conidias de <i>Trichoderma</i> sp en el hematocimetro F) Observación de <i>Trichoderma</i> sp para la realización del conteo de conidias G) Conteo de conidias de <i>Trichoderma</i> sp (40X)..... | 63 |
| Figura 4. Peletización de semillas con cepas de <i>Trichoderma</i> sp y melaza autoclavada A) Peso de arroz con cepas de <i>Trichoderma</i> sp B) Disolución de conidias de <i>Trichoderma</i> sp con agua destilada en cetrifuga C) Suspensión de conidias de <i>Trichoderma</i> sp. D) Materiales de uso. E) Frasco vial con 0.6 ml de suspensión de conidias de <i>Trichoderma</i> sp. F) Mezcla de suspensión de conidias de <i>Trichoderma</i> sp. melaza y semillas de quinua G) Semillas de quinuas peletizadas en placas Petri para su respectiva siembra. | 64 |
| Figura 5. Preparación, esterilización suelo solarizado. A) Suelo agrícola de Totorani kilómetro 4 de la Ciudad de Puno. B) Suelo agrícola húmedo. C) suelo cubierto con plástico transparente polipropileno (25-50 micras) durante un mes. D) Cernido de suelo agrícola solarizado. E) Realización de mezcla con materia orgánica y arena a una proporción de 2:1:1 D) Incorporación de la mezcla en bolsas negras de 40 x 20 cm..... | 65 |

- Figura 6. Preparación con cepas de *Trichoderma* sp. A) Peso de *Trichoderma* sp.
B) Lavado de conidias de arroz con *Trichoderma* sp. C) Cinco baldes con
suspensión de conidias de *Trichoderma* sp (cada balde una cepa). 67
- Figura 7. Siembra de semilla de quinua. A) Siembra con semillas peletizadas.
B.) Siembra de semillas de quinua sin peletizar. C) Aplicación de
suspensión conidias de *Trichoderma* sp via drench. D) cerco de malla para
evitar daños de aves..... 68
- Figura 8. Evaluación del efecto de los dos métodos de inoculación de cepas de
Trichoderma sp en el crecimiento y rendimiento de quinua. A) Evaluación
de altura de planta en la fase fenológica grano pastoso. B) Conteo de
numero de hojas fase fenológica grano pastoso. C) Evaluación de
diámetro de tallo con vernier fase fenológica grano pastoso. D) Medición
de longitud radicular fase fenológica inicio de floración, usando el
programa ASSES. E) Peso fresco de plantas. F) Peso seco de plantas G)
Cosecha de plantas de quinua en sobres manila.G) Peso de semillas de
quinua por panoja. 69
- Figura 9. Evaluación del efecto de cepas de *Trichoderma* sp en la nutrición de plantas
de quinua y características químicas del sustrato suelo. A) Plantas de
quinua sacrificadas a los 89 días fase fenológica inicio de floración. B)
Extracción de 1Kg de sustrato suelo por tratamiento. C) Adquisición de 12
muestras de sustrato suelo en bolsas de 14x15cm..... 70
- Figura 10. Temperatura registrada en invernadero de Programa de papas FCA 75
- Figura 11. Observaciones. A) Panoja provocada por aves y Mancha amarilla en la
hoja de quinua. B) Pulgones en la hoja parte apical de la planta de quinua.
C) paloma " Pecho naranja" (*Phrygilus punernsis*). D) Pájaro "Cogujada
comun"(*Galerida Cristata*). 76
- Figura 12. Altura de plantas por método Via Drench con Cepas de *Trichoderma* sp. .. 81
- Figura 13. Altura de planta por método de Semilla peletizada con Cepas de
Trichoderma sp. 81
- Figura 14. Comparación de plantas de quinua var. Salcedo INIA con el testigo en dos
fases fenológicas. A) Altura de plantas a los 89 días después de la siembra
(Inicio de floración). B) Altura de plantas de quinua a los 188 días
después de la siembra (Madures fisiológica). 82

| | |
|--|-----|
| Figura 15. Número de hojas por método de Via Drench con Cepas de <i>Trichoderma</i> sp..... | 86 |
| Figura 16. Número de hojas por método semillas pelletizadas con Cepas de <i>Trichoderma</i> sp..... | 87 |
| Figura 17. Diámetro de tallo por método Via Drench con Cepas de <i>Trichoderma</i> sp... | 90 |
| Figura 18. Diámetro de tallo por método semilla pelletizada con Cepas de <i>Trichoderma</i> sp..... | 91 |
| Figura 19. Comparación de raíces a los 4 meses de edad fase fenológica inicio de floración con monedas respectivas para la calibración en el programa ASSES..... | 94 |
| Figura 20. Longitud radicular con Cepas de <i>Trichoderma</i> sp..... | 95 |
| Figura 21. Comparación de plantas de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración) | 98 |
| Figura 22. Métodos de inoculación con Cepas de <i>Trichoderma</i> sp..... | 99 |
| Figura 23. Método de inoculación sobre peso fresco de biomasa radicular de la planta de quinua. | 102 |
| Figura 24. Prueba de Comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor Métodos de inoculación por factor Cepas de <i>Trichoderma</i> sp sobre peso seco de biomasa aérea de planta de quinua. | 104 |
| Figura 25. Peso seco de biomasa radicular de plantas de quinua. | 107 |
| Figura 26. Muestras de panojas de quinua var. Salcedo INIA a los 188 días (Madurez fisiológica)..... | 109 |
| Figura 27. Métodos de inoculación por factor Cepas de <i>Trichoderma</i> sp sobre rendimiento de grano. | 110 |
| Figura 28. Análisis químico de tejidos vegetal de plantas de quinua var. Salcedo INIA en invernadero. | 112 |
| Figura 29. Análisis químico de NPK sustrato suelo de las plantas de quinua var. Salcedo INIA en invernadero..... | 114 |
| Figura 30. Análisis químico de NPK sustrato suelo de las plantas de quinua var. Salcedo INIA en invernadero..... | 114 |
| Figura 31. Análisis de suelo realizado en el laboratorio de agua y suelos de la EPIA . | 152 |
| Figura 32. Análisis nutricional de plantas de quinua var. Salcedo INIA de NPK | 153 |

| | |
|--|-----|
| Figura 33. La investigación se realizó en Laboratorio de Fitopatología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica Facultad de Ciencias Agrarias UNA- PUNO..... | 154 |
| Figura 34. Invernadero de Programa de papas EPIA/ FCA- UNA..... | 154 |
| Figura 35. Croquis del invernadero de programa de papas EPIA - Puno..... | 155 |
| Figura 36. Distribución de las 120 unidades experimentales..... | 156 |
| Figura 37. Distribución de las 60 plantas sobrantes hasta la cosecha..... | 156 |
| Figura 38. Preparación de medio de cultivo papa, sacarosa, agar (PSA) para un litro. | 157 |
| Figura 39. Preparación de materiales de medio de cultivo papa, sacarosa, agar (PSA) para la reactivación de <i>Trichoderma</i> sp. | 158 |
| Figura 40. Reactivación multiplicación de cepas <i>Trichoderma</i> sp. | 159 |
| Figura 41. Producción de <i>Trichoderma</i> sp..... | 160 |
| Figura 42. Solarización y preparación de suelo | 161 |
| Figura 43. Selección y Pre - Germinación de semillas de quinua var. Salcedo INIA .. | 162 |
| Figura 44. Siembra de semillas de quinua var. Salcedo INIA en los dos métodos (semillas peletizadas y via drech) en el invernadero de programa de papas Facultad de Ingeniería Agronómica UNA- PUNO..... | 163 |
| Figura 45. Evaluación del experimento durante los meses de: Enero - Junio 2015 | 164 |
| Figura 46. Hojas cotiledonales a los 7 días después de la siembra Fecha: 17/ 01/ 2015 | 164 |
| Figura 47. Cuatro hojas verdaderas a los 18 días después de la siembra Fecha: 26/ 01/ 2015. | 165 |
| Figura 48. Cuatro hojas verdaderas a los 18 días después de la siembra se realizaron el desahije de las 3 plantas de quinua solo quedaron 1 planta por bolsa Fecha: 26/ 01/ 2015..... | 165 |
| Figura 49. Cuatro hojas verdaderas, visita de supervisión Sr. presidente de Jurado, Ing. Juan Larico Vera plantas a los 19 días después de la siembra Fecha: 27/ 01/ 2015. | 166 |
| Figura 50. Seis hojas verdaderas a los 23 días después de la siembra Fecha: 31/ 01/ 2015..... | 166 |
| Figura 51. Ramificación a los 35 días después de la siembra Fecha: 05/ 02/ 2015..... | 167 |
| Figura 52. Inicio de panojamiento a los 68 días después de la siembra, 1ra evaluación de numero de hojas Fecha: 25/ 03/ 2015 | 167 |

| | |
|--|-----|
| Figura 53. Inicio de floración a los 89 días después de la siembra 2da evaluación de altura de planta Fecha: 25/ 03/ 2015. | 168 |
| Figura 54. Inicio de floración a los 89 días después de la siembra, observación de la Investigación por los Jurados presentes: Ing.M.Sc. Francis Miranda, Ing. M.Sc. Daniel Canaza, Director de tesis Ing. M.Sc. Angel Cari y tesista Nora Ortiz Fecha: 09/ 04/ 2015. | 168 |
| Figura 55. Inicio de floración a los 89 días después de la siembra, se sacrificó 60 plantas cogidas al azar por tratamiento para el análisis nutricional de NPK y medición de longitud de raíces Fecha: 09/ 04/ 2015..... | 169 |
| Figura 56. Lavado de raíces de quinua con agua de pozo realizado por tratamiento a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración) para su respectivo análisis nutricional de NPK y evaluar la longitud radicular Fecha:09/ 04/ 2015..... | 169 |
| Figura 57. Programa ASSES para la evaluación de longitud radicular mediante vistas fotográficas. | 170 |
| Figura 58. Proceso de medición de longitud radicular en cm en el programa ASSES. | 170 |
| Figura 59. Grano pastoso a los 156 días después de la siembra Fecha: 07/06/2015. ... | 171 |
| Figura 60. Grano pastoso a los 157 días después de la siembra Fecha: 08/06/2015 | 171 |
| Figura 61. Grano pastoso a los 157 días después de la siembra, evaluación de altura de planta de quinua Fecha: 08/06/2015. | 172 |
| Figura 62. Grano pastoso a los 157 días después de la siembra, evaluación de diámetro (mm) con vernier digital en plantas de quinua Fecha: 08/06/2015 | 172 |
| Figura 63. Cosecha de plantas de quinua acompañada con Asesora del proyecto de Investigación Dra. Betsabe León Tacca y tesista Nora Ortiz Fecha: 10/07/2015. | 173 |
| Figura 64. Cosecha manual de plantas de quinua con ayuda del laboratorista EPIA (Sem.) Luciano Dueñas y tesista Nora Ortiz Fecha: 10/07/2015..... | 173 |
| Figura 65. Se cosechó en sobres de manila por planta acompañada con la laboratorista EPIA (LCI-PP) Norma L. Choquecagua Morales y tesista Nora Ortiz Fecha: 10/07/2015. | 174 |
| Figura 66. Proceso manual de desgranado de panojas de quinua realizado en el Laboratorio de Fitopatología..... | 174 |
| Figura 67. Peso de panoja de quinua. | 175 |

| | |
|--|-----|
| Figura 68. Peso de semillas de quinua. | 175 |
| Figura 69. Mezcla de sustrato de suelo por tratamientos para su respectivo análisis químico NPK Fecha: 16/07/2015..... | 176 |
| Figura 70. Muestras de suelo de 1kg. de sustrato de suelo por tratamientos para su respectivo análisis químico NPK. | 176 |
| Figura 71. Laboratorista - EPIA (FIT) Felix Coila Humpiri..... | 177 |
| Figura 72. Laboratorista – EPIA (LAS) Benito Fernandez Calloapaza..... | 177 |
| Figura 73. M.Sc. Ing. Julio Choque Lázaro con su apoyo de los equipos del Laboratorio de pastos y forrajes para la realización de los análisis de nutrición vegetal de plantas de quinua. | 178 |
| Figura 74. CIP Camacani junto al Sr. Francisco Sosa trabajador de Camacani guía de mi Investigación..... | 178 |
| Figura 75. Con ayuda del Sr. Nemesio Carrion Coyla personal del invernadero de Programa de papa de la EPIA. | 179 |
| Figura 76. Participación en el 1er concurso Universitario denominado "Mi proyecto de tesis en un poster" organizado por el Vicerrectorado de Investigación en la Ciudad Universitaria Fecha: 23/10/15..... | 179 |

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS O SÍMBOLOS

| | | |
|-----------|---|--|
| ** | = | Altamente significativo |
| CC | = | Capacidad de campo |
| CM | = | Cuadrado medio |
| CV | = | Coefficiente de variabilidad |
| Cm | = | Centímetros |
| C | = | Cepas |
| CIP | = | Centro de Investigación y Producción |
| °C | = | Grados centígrados |
| D.C.A. | = | Diseño Completamente Al Azar |
| EPIA | = | Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica |
| Eval. | = | Evaluación |
| Fc | = | F-calculada |
| Ft | = | F-tabular |
| g | = | gramos |
| I | = | Inoculación |
| INIA | = | Instituto Nacional de Innovación Agraria |
| Kg/Ha | = | Kilogramos por Hectárea |
| M.O. | = | Materia orgánica |
| N.S. | = | No Significativo |
| NPK | = | Nitrógeno, Fosforo, Potasio |
| Nº | = | Numero |
| Ppm | = | Partes por millón |
| PSA | = | Papa, Sacarosa, Agar |
| Pro.gral. | = | Promedio general |
| SemPel. | = | Semilla Peletizada |
| sp | = | Se refiere a una especie no descrita |
| spp | = | Se refiere a varias especies no descritas |
| Sig | = | Significancia |
| Sc | = | Suma de cuadrado |
| Trat. | = | Tratamientos |
| T.E. | = | <i>Trichoderma</i> |
| TEST. | = | Testigo |
| Var. | = | Variedad |
| ViaDr. | = | Via Drench Suelo |

RESUMEN

Debido a los bajos rendimientos registrados en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), se realizó el estudio sobre la "Biofertilización con cepas de *Trichoderma* sp en el crecimiento y nutrición de quinua var. Salcedo INIA en condiciones de invernadero" con los objetivos específicos: a) Determinar el efecto de dos métodos de inoculación de cepas de *Trichoderma* sp en el crecimiento de planta y rendimiento de semillas de quinua, b) Evaluar el efecto de cepas de *Trichoderma* sp en la nutrición de plantas de quinua, c) Determinar la influencia de cepas de *Trichoderma* sp en las características químicas del sustrato suelo. Se desarrolló en el laboratorio de Fitopatología e invernadero de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica (EPIA), ubicado en la ciudad de Puno - Perú durante los meses de Enero - Julio del 2015. Se empleó cinco cepas de *Trichoderma* sp, para la inoculación en plantas de quinua mediante dos métodos: Via Drench al suelo y semilla peletizada bajo el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x5 (2 métodos de inoculación x 5 cepas de *Trichoderma* sp) más dos testigos. Las plantas en el invernadero fueron tratadas y mantenidas durante seis meses en donde se evaluaron: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, longitud radicular, biomasa, rendimiento de grano, nutrición en el tejido vegetal en nitrógeno, fósforo, potasio (NPK) y características químicas de sustrato suelo después de la cosecha. Los resultados muestran efecto positivo en el crecimiento y rendimiento con el método de semilla peletizada. En la altura de planta y biomasa todas las cepas tuvieron mayor efecto a comparación del testigo; sin embargo, la cepa (*Trichoderma* 7) T.E.7 tuvo mayor efecto en número de hojas con 115.60 hojas, diámetro de tallo con 9.87mm, longitud radicular 44.31 cm y rendimiento con 3893.70 kg/Ha. a diferencia del testigo. Todas las cepas de *Trichoderma* sp incrementaron los niveles de N P y K en los tejidos de plantas de quinua con los dos métodos de inoculación, con la cepa T.E.7 se obtuvo los altos niveles de Nitrógeno con 1.82% en promedio a diferencia del testigo con 1.51% en promedio, fósforo con un promedio 0.31% a diferencia del testigo 0.25% en promedio y potasio con 2.94 a diferencia del testigo con 1.9% en promedio en ambos métodos. En las características químicas del contenido de nutrientes N, P y K residuales del sustrato suelo después de cosechar plantas de quinua, el contenido de nitrógeno se incrementó en ambos métodos con respecto al testigo inicial 0.18 no habiendo diferencias entre métodos de inoculación; los niveles de fósforo y potasio disponibles disminuyeron con respecto al testigo sin inoculación.

Palabras claves: Biofertilización, quinua, rendimiento, *Trichoderma* sp.

ABSTRACT

Due to the low yields reported in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), the study on "Biofertilization with *Trichoderma* sp strains in the growth and nutrition of quinoa Salcedo INIA in greenhouse conditions" was carried out with the specific objectives: a) To determine the effect of two methods of inoculation of *Trichoderma* sp strains on plant growth and yield of quinoa seeds, b) To evaluate the effect of *Trichoderma* sp strains on quinoa plant nutrition, c) To determine the influence of Strains of *Trichoderma* sp in the chemical characteristics of the soil substrate. It was developed in the laboratory of Phytopathology and greenhouse of the Professional School of Agronomic Engineering (EPIA), located in the city of Puno-Peru during the months of January-July 2015. Five strains of *Trichoderma* sp. Were used for inoculation in Quinoa plants using two methods: Via Drench to the soil and pelleted seed under the completely randomized design with factorial arrangement of 2x5 (2 inoculation methods x 5 strains of *Trichoderma* sp) plus two controls. Plant height, stem diameter, number of leaves, root length, biomass, grain yield, plant nitrogen nutrition, phosphorus, potassium (plant weight) were evaluated and maintained for six months. (NPK) and soil substrate chemical characteristics after harvest. The results show a positive effect on growth and yield with the pelleted seed method. At plant height and biomass all strains had greater effect when compared to the control; However, the strain (*Trichoderma* 7) T.E.7 had a greater effect on leaf number with 115.60 leaves, stem diameter with 9.87 mm, root length 44.31 cm and yield with 3893.70 kg / Ha. Unlike the witness. All strains of *Trichoderma* sp increased levels of NP and K in quinoa plant tissues with both methods of inoculation, with the T.E.7 strain obtained high levels of Nitrogen with an average of 1.82%, unlike the control with 1.51 % On average, phosphorus with a mean of 0.31% to deference of the control 0.25% in average and potassium with 2.94 as opposed to the control with 1.9% in average in both methods. In the chemical characteristics of the residual N, P and K nutrient content of the soil substrate after harvesting quinoa plants, the nitrogen content was increased in both methods with respect to the initial control 0.18, with no differences between inoculation methods; The available phosphorus and potassium levels decreased with respect to the control without inoculation.

Key words: Biofertilization, quinoa, yield, *Trichoderma* sp.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es uno de los alimentos de alta calidad, por su alto contenido de proteínas y la composición de aminoácidos. Este cultivo se concentra principalmente en el altiplano peruano y los valles interandinos con tendencia creciente por sus características agroclimáticas favorables para la producción. En la actualidad existen 21 variedades comerciales de quinua más allá de las variedades nativas (Apaza *et al.*, 2013)

En el Perú la quinua se cultiva en 19 de los 24 departamentos, principalmente en la Sierra y en la Costa, existiendo en la zona andina por lo menos cinco centros de concentración: el Callejón de Huaylas, Junín, Ayacucho, Cusco y el Altiplano de Puno. En la Costa el cultivo ha sido introducido durante los últimos diez años iniciándose en Arequipa y difundiéndose hacia el centro y norte del país, la producción de quinua en el Perú en el año 2014 es de 1 800 kg/ha, por otro lado el rendimiento de quinua en el departamento de Puno es de 981 kg/ha la quinua ha tenido un crecimiento sustancial en producción y exportación, con una rentabilidad competitiva mayor que otros cultivos tradicionales de la sierra. Este crecimiento, ha generado siembras extensivas en la sierra y siembras intensivas y extensivas en costa, empleado tecnologías y herramientas que en algunas zonas (sobre todo en costa) han ocasionado el descuido de determinados estándares de calidad en cuanto al uso de plaguicidas (el productor priorizó la cantidad antes que la calidad). Asumiendo, que la gran demanda de la quinua es para exportación y en su gran mayoría es por quinua orgánica. (Ministerio de Agricultura y Riego *et. al.*, 2015).

Salcedo INIA es una variedad de quinua obtenida del cruce de las variedades “Real Boliviana” por “Sajama”, tiene un contenido de saponina 0.014%, (grano dulce) tolerancia a heladas y sequías, mayor contenido de proteínas (14.5%). Esta variedad es requerida por la agroindustria y mercado exterior (Apaza, 2013).

En los últimos años más del 80% de su producción se ha destinado a la exportación, lo que demuestra un gran mercado de consumo; sin embargo, los índices de producción no son muy alentadores por los bajos rendimientos que oscilan entre 600 a 1000 kg ha⁻¹ en cultivos tradicionales (Tapia, 1999).

La quinua es particularmente uno de los cultivos con mayor potencial económico y social, pero es afectado por diversos factores entre ellos la baja fertilidad de suelo, enfermedades que causan pérdidas económicas significativas, estos problemas han generado disminuciones drásticas en la producción en los cultivos andinos, ocasionando bajos ingresos a los agricultores, y en algunos el agricultor ha sido inducido a utilizar agroquímicos para superar esos problemas, llegando a alterar el medio ambiente y la salud (Ortuño *et al.*, 2009).

Es por eso que se está optando una alternativa mediante el uso *Trichoderma* sp que es el principal objeto del presente estudio, este microorganismo, ayudan a la degradación de la materia orgánica, producción y liberación de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, promueve la solubilización de elementos minerales y protección frente a fitopatógenos (Martínez *et al.*, 2004).

La aplicación de estos microorganismos como tratamientos a la semilla o al suelo, proporcionan protección a los cultivos especialmente contra hongos patógenos habitantes del suelo (Mao *et al.*, 1997).

Moore, (1996) manifiesta que *Trichoderma harzianum* es capaz de degradar sustratos muy complejos tales como almidón, pectina y celulosa entre otros, y emplearlos como fuente de carbono para su crecimiento gracias a la variada maquinaria enzimática que posee, aunque puede emplear también ácidos orgánicos y monosacáridos como fuente de carbono; Asimismo, *Trichoderma* asimila como fuente de nitrógeno compuestos tales como aminoácidos, urea, nitritos, amoníaco y sulfato de amonio.

Harman, (2007) indica que *Trichoderma* produce cambio en la composición de la micro-flora en la raíz, además mejora la absorción de nutrientes, mejora solubilidad de los nutrientes del suelo, mejora crecimiento radicular, incrementa la formación de pelos absorbentes, mejora la profundización de raíz.

Torres *et al.* (2008). señalan que las especies del género *Trichoderma* están entre los antagonistas más utilizados para el control de un grupo importante de patógenos del suelo, siendo su efecto principal el hiperparasitismo.

Infojardin *et al.* (2008) indican que *Trichoderma* ayuda a descomponer materia orgánica, reduce la incidencia de nematodos, controlando pudriciones de raíz y haciendo que los nutrientes se conviertan en forma disponible para la planta, estimula el crecimiento de los cultivos porque posee metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las plantas.

La utilización de *Trichoderma* spp. En la agricultura tiene algunas ventajas: colonización de la rizosfera estableciéndose rápidamente en las comunidades microbianas de la misma, control de la microflora patogénica y competitividad por diversos mecanismos, favoreciendo la salud de la planta y estimulando el crecimiento radicular (Vinale *et.al*, 2008) Por otro lado muchas cepas de *Trichoderma* spp. son utilizadas para controlar algunas malezas y como agente biorremediadores disminuyendo la contaminación del suelo (Verma *et al.*2007)

La colonización implica la habilidad para adherirse y reconocer raíces, penetrar y resistir metabolitos tóxicos producidos en respuesta a la invasión de organismos extraños, sean o no patógenos. (Benites, *et al.*, 2004) Así mismo *Trichoderma* frecuentemente incrementa el crecimiento de raíces y su desarrollo, productividad del cultivo, resistente a estrés abiótico y la toma y uso de nutrientes (Acora y Elander, 1992).

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Región de Puno en los últimos años ha incrementado considerablemente las áreas de cultivo de quinua, en donde se sembró aproximadamente 4 652.00 hectáreas de quinua en la campaña agrícola 2014 - 2015, siendo el rendimiento promedio de 1 118.12 kg/ha y una producción de 5 489.90 toneladas (DRA-Puno, 2015). Los abonos orgánicos derivan de fuentes animales o vegetales, se emplean materiales como el estiércol, compost, y abono verde para la producción orgánica (Canihua, 2001); sin embargo, los índices de producción no son muy alentadores por los bajos rendimientos, debido a diversos factores entre ellos la escasa aplicación de microorganismos, baja fertilidad y disminución de carbono del suelo, han generado la disminución drástica en la producción de los cultivos andinos, y en algunos el agricultor ha sido inducido a utilizar agroquímicos para superar esos problemas, método que no es amigable con nuestro medio ambiente y cada vez es menos eficaz, por esas razones es necesario investigar la influencia de incrementar microorganismos, dirigido a la producción ecológica de nuestros cultivos.

Los microorganismos permitan a la planta una mejor absorción de nutrientes, inducen mecanismos de defensa contra las principales enfermedades e incrementan la productividad del cultivo, permitiendo así disminuir efectos nocivos al medio ambiente, producir alimentos sin contaminantes y bajar los costos de producción para los pequeños y grandes agricultores. Uno de estos microorganismos, es el hongo del género *Trichoderma* sp. que ayuda a la degradación de la materia orgánica, produce y libera sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, solubiliza elementos minerales y brinda protección frente a fitopatógenos (Martínez *et al.*, 2004).

En la actualidad, la inoculación con poblaciones microbianas no es muy bien entendida y es escasamente usada en el sector agrícola. Además, es importante recalcar que tratándose de microorganismos vivos, es importante tener un cuidado especial en el mantenimiento de la carga microbiana óptima para su buen funcionamiento en el campo. La combinación de la inoculación bacteriana, junto con una sustancia pegajosa,

seguida por la cubierta, sería la combinación del inoculante biológico con la peletización. Esto sería una alternativa para disminuir la pérdida de poblaciones microbianas del inoculante y hacer más fácil el manejo de las semillas. Se han realizado investigaciones con diferentes tipos de cubiertas como dolomita, roca. fosfórica, carbonato de calcio, vermiculita en combinación con goma arábica, metil etil celulosa, agua azucarada, como adhesivos, obteniéndose buenos resultados en semillas de trébol (Lowther, 1975), tomate (Goviden-Soulange, 2008).

El uso de inoculantes, se convierte entonces, en una alternativa amigable con el medio ambiente, ya que su aplicación a los campos de cultivo favorece la disminución de fertilizantes químicas que ocasionan la degradación de suelos (Alarcón *et al.*, 2000).

La aplicación de estos microorganismos dentro de un programa de biofertilización mejorará el crecimiento y nutrición de quinua (*Chenopodium quinoa* willd) que es objeto de estudio en el presente trabajo de investigación, para lo cual se plantearon las siguientes interrogantes:

- ¿Qué efecto presenta el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) Var. Salcedo INIA en condiciones de invernadero en el crecimiento y rendimiento con la aplicación de *Trichoderma* sp mediante dos métodos de inoculación?
- ¿Cuál método de inoculación de cepas de *Trichoderma* sp (Via Drech suelo y semilla peletizada) tendrá mejor efecto en la nutrición en plantas de quinua Var.Salcedo INIA en condiciones de invernadero?
- ¿Cuál será la influencia de los dos métodos de inoculación con cepas de *Trichoderma* sp en las características químicas del sustrato suelo de plantas de quinua Var. Salcedo INIA en condiciones de invernadero?

2.2. ANTECEDENTES

Harman *et al.*, (2004), mencionan que las actividades beneficiosas atribuidas a las interacciones de *Trichoderma* / planta incluyen la promoción del crecimiento vegetal, la tolerancia y resistencia a fitopatógenos promoviendo el crecimiento de las plantas, incrementando la disponibilidad de nutrientes y mejorando la producción y rendimiento de los cultivos.

Ortuño y Navia (2009), en varios años de investigación han desarrollado una estrategia de manejo integrado de quinua orgánica, basada en el uso de bioinsumos, que mantiene la sanidad de la planta e incrementa los rendimientos hasta 50%. Estos bioinsumos se han generado a partir de cepas nativas de microorganismos como TRICOBAL es un producto en base a microorganismos benéficos: *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp, se aplica a la siembra junto con abonos orgánicos. Actúan como biofertilizantes, promotores de crecimiento y biofungicidas. En todas las campañas agrícolas, los resultados obtenidos muestran que la tecnología con bioinsumos tuvo un efecto altamente positivo en el desarrollo y la producción del cultivo de quinua. Las parcelas mostraron significativamente un mayor desarrollo del cultivo, mayor tamaño de las plantas, mayor diámetro de tallos, mayor largo de las panojas, mayor sanidad de las plantas, y mayores rendimientos (mayores a 50%) y mayor calidad con respecto al manejo tradicional, siendo una alternativa importante para un manejo del cultivo de quinua más sustentable, más sensible con el medio ambiente y la salud del productor.

Castro y Rivillas (2005), trataron semillas de café con *T. harzianum* (ingrediente activo del producto comercial Tricho-D) donde se obtuvo 90% de germinación en comparación con el tratamiento testigo con 70%.

Agosin *et al.*,(1999), señalan que *Trichoderma* produce sustancias estimuladoras de crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de estas, acelerando un desarrollo más rápido. Su efecto ha sido comprobado en clavel, crisantemo, tagetes, petunia, berenjena, arveja, pimienta, rábano, tabaco, tomate, lechuga, zanahoria, papa, algodón, frijol, pastos y ornamentales. Las semillas de pepino germinaron dos días antes que aquellas que no han sido inoculadas con el hongo. La

floración de *Pervinca rosea*, aceleró el número de botones por planta. En crisantemo se incrementa también el número de botones, la altura y el peso de la planta son mayores que aquellas no tratadas. En plantas de frijol, se estimuló la germinación, presentando un aumento en la altura de las plantas entre 70 % y 80 %, y una ganancia en peso de un 60% aproximadamente.

Stefanova *et al.*, (2006), han demostrado que con la aplicación del *Trichoderma* en el cultivo del maíz, las raíces han sido colonizadas por dicho microorganismo y requieren menos fertilizante nitrogenado, que el maíz no tratado; lo cual implica un ahorro del 35 al 40% de fertilizante.

Iab (2013), señala que *Trichoderma harzianum* es un hongo antagonista de patógenos vegetales, y se encuentra presente en la mayoría de los suelos. Su crecimiento se ve favorecido por la presencia de raíces de planta, a las cuales coloniza rápidamente. Algunas cepas, son capaces de colonizar y crecer en las raíces a medida que estas se desarrollan, una vez formulada el producto su aplicación, es fácil, puede añadirse directamente a las semillas o al suelo, semilleros, trasplantes, bandejas y plantas de maceta, empleando cualquier método convencional. Además, *Trichoderma harzianum* tiene excelentes propiedades para el control biológico y a su vez es un excelente estimulador del crecimiento radicular.

Benitez *et al.*, (2004), señalan que el *Trichoderma viride* es un hongo utilizado como biofungicida por sus múltiples propiedades y es altamente efectivo para suprimir enfermedades causados por hongos patógenos. *Trichoderma viride* ataca a otros hongos y además estimula el crecimiento de la planta de las raíces. Cuando se aplica durante la siembra, coloniza las semillas multiplicándose sobre la superficie de manera que les proporciona una protección contra enfermedades que se encuentra en la tierra.

Cubillos *et.al.*, (2008) mencionan que al aplicar *Trichoderma harzianum* como promotor de crecimiento vegetal de maracuyá (*Passiflora edulis*) Var. Flavicarpa Degener muestran resultados en longitud de tallo con 23.7cm a diferencia del testigo con 18.4cm.

Erazo (2006) el cual menciona que al aplicar *T.harzianum* este actúa primeramente como bioestimulante del crecimiento radicular, promueve el desarrollo de las raíces, debido a la secreción de fitohormonas; incrementando la masa radicular, permitiendo una mejor asimilación de nutrientes y por ende una mayor altura; notándose el beneficio de la aplicación no solamente como antagonista natural de fito patógenos del suelo, sino también estimulan el crecimiento del cultivo.

Dandurand y Knudsen, (1993), han señalado que importantes incrementos en el crecimiento de plántulas inoculadas con *T. harzianum*. Por ejemplo, el aumento de la biomasa de plantas de fríjol.

Altomare *et al.*, (1999). manifiestan la producción de factores de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas) por *T. harzianum*, los cuales son liberados al medio y estimulan la germinación y los desarrollos de las plantas.

Santana (2003), quien manifiesta, que los tratamientos en que se aplicó *Trichoderma*, el número de hojas obtuvieron diferencias significativas con respecto a los testigos, observándose un efecto bioestimulador de este hongo, desde la etapa de germinación y hasta la etapa de desarrollo y crecimiento de la planta.

Mesa *et al.*, (2006) manifiestan en el cultivo de la fruta bomba variedad Maradol Roja en condiciones de vivero, al aplicar la cepa A-34 de *T. harzianum* en formulaciones líquidas y sólidas a la semilla y cinco aplicaciones posteriores al sustrato, logrando incrementos de la altura de la planta y el diámetro del tallo, influyendo en la disminución del tiempo de permanencia de las posturas en el vivero.

Rivas *et al.*, (2001) manifiestan que al incorporar *T.harzianum* después de haberse solarizado el sustrato, este actúa como bioestimulador de crecimiento radicular, obteniendo en su ensayo determinaron que el uso de micorrizas en dosis de 10g/pl. Contribuyo a la proliferación de raicillas en las plántulas de café.

Resky *et al.* (2001), señalan que los rendimientos del fríjol aumentaron significativamente al aplicar Estiércol Vacuno + *Trichoderma* spp.10 + 0.003 t.ha⁻¹, superando a todos los tratamientos en los indicadores masa de 100 g y rendimiento con

1.37 t.ha⁻¹, los tratamientos en estudio, mostraron diferencias significativas con respecto al control, en el indicador masa de 100 g y rendimiento. Las aplicaciones de *Trichoderma* spp 0.01 t.ha⁻¹ fue superior significativamente a T2 (Estiércol Vacuno 20 t.ha⁻¹).

Vinale *et al.*, (2008), mencionan que *Trichoderma* es capaz de colonizar la superficie de las raíces y causar cambios sustanciales en el metabolismo de los tejidos de las plantas promoviendo el crecimiento de las plantas, incrementando la disponibilidad de nutrientes y mejorando la producción de los cultivos.

Mesa *et al.* (2006) en el cultivo de la fruta bomba variedad Maradol Roja en condiciones de vivero, al aplicar la cepa A-34 de *T. harzianum* en formulaciones líquidas y sólidas a la semilla y cinco aplicaciones posteriores al sustrato, logrando incrementos de la altura de la planta y el diámetro del tallo, influyendo en la disminución del tiempo de permanencia de las posturas en el vivero. Autores como Cupull (2000), Pérez-Solís y Urbaneja (2001), Parets (2002), Galeano *et al.* (2003), Sudo (2005), Espino y Estefanova (2006) y Méndez (2006) obtienen resultados satisfactorios al aplicar el hongo como estimulador de crecimiento en cultivos como: café, frijol común, judía, tabaco, tomate y lechuga. Estos autores afirman, que especies del género *Trichoderma* son capaces de producir sustancias estimuladoras del crecimiento y del desarrollo en las plantas, y actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas alcancen un desarrollo más rápido que aquellas que no han sido tratadas con dicho microorganismo.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la biofertilización con *Trichoderma* sp en la nutrición, crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. Salcedo INIA en condiciones de invernadero.

2.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los métodos de inoculación de cepas de *Trichoderma* sp en el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. Salcedo INIA en invernadero.
- Evaluar el efecto de cepas de *Trichoderma* sp. en la nutrición de plantas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var Salcedo INIA en invernadero.
- Determinar la influencia de cepas de *Trichoderma* sp. en las características químicas del sustrato suelo de plantas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. Salcedo INIA en invernadero.

III. MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

3.1. MARCO TEÓRICO

3.1.1. Cultivo de quinua

3.1.1.1. Importancia

En los últimos 10 años el cultivo de quinua viene adquiriendo importancia económica, técnico-científico y social; principalmente como fuente de generación de empleo e ingresos económicos para las familias rurales, para las pequeñas y medianas organizaciones y grandes empresas dedicadas a la producción, agroindustria y comercialización del producto; por la demanda de innovaciones y de transferencia tecnológica y sobre todo como una alternativa para la seguridad alimentaria de la humanidad (Marca *et al.*, 2006).

La quinua, actualmente está tomando gran importancia en la alimentación humana por su alto valor nutritivo, dado por el balance adecuado de aminoácidos esenciales, elevada lisina en sus semillas y hojas, buen contenido de vitaminas, alto contenido de calcio y hierro, así como que se puede utilizar en la alimentación humana, durante todo el ciclo de la planta, al inicio para aprovechar sus hojas y plántulas, a medio ciclo de desarrollo para consumir sus inflorescencias y a la cosecha el grano (Mujica *et al.*, 2001).

La quinua tiene una enorme potencialidad para competir en el mercado, sobre todo la quinua orgánica, la demanda por los países industrializados a un elevado su precio en el mercado de exportación (Repo- Carrasco *et al.*, 2001).

La Quinua posee un alto valor nutricional su contenido de proteínas la convierte en excelente sustituto de la carne, lácteos y huevos e ideal para la alimentación de la población con bajos niveles nutricionales, población resistente al gluten, mujeres en gestación, madres lactantes, niños, y población de la tercera edad y expertos han considerado a la quinua como un nutriente fundamental en el ámbito del deporte

Internacional y como alimento para los astronautas en sus viajes espaciales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2013).

3.1.1.2. Taxonomía de la quinua

La quinua está ubicada taxonómicamente de la siguiente forma (Mujica, 2005):

| | | |
|-------------------|---|----------------------------------|
| Reino | : | Vegetal |
| División | : | Fanerógamas |
| Clase | : | Dicotiledóneas |
| Sub-clase | : | Angiospermas |
| Orden | : | Centrospermales |
| Familia | : | Chenopodiáceas |
| Género | : | <i>Chenopodium</i> |
| Sección | : | Chenopodia |
| Subsección | : | Cellulata |
| Especie | : | <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. |

3.1.1.3. Descripción botánica

La quinua, es una planta herbácea anual, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, se calcula su domesticación fue hace 7000 a.c. y se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. Su período vegetativo varía desde los 90 hasta los 240 días, crece con precipitaciones desde 300 a 1000 mm anuales, se adapta a suelos ácidos de pH 4.5 hasta alcalinos con pH de 9.0, sus semillas germinan hasta con 56 mmhos/cm de concentración salina, se adapta a diferentes tipos de suelos desde los arenosos hasta los arcillosos, la coloración de la planta es también variable con los genotipos y etapas fenológicas, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillento, anaranjado, granate y demás gamas que se pueden diferenciar (Mujica, 1988).

a) Planta

La planta, es erguida, alcanza alturas variables desde 0.20 a 3.00 m. dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos, presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales y se cultiva desde el nivel del mar hasta 4000 msnm; en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas, su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas (Mujica, 1988 y Palao, 2003).

b) Raíz

Es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, a pesar de que pareciera ser una gran cabellera, esta se origina del periciclo, variando el color con el tipo de suelo donde crece, al germinar lo primero que se alarga es la radícula, que continúa creciendo y da lugar a la raíz, alcanzando en casos de sequía hasta 1.80 cm de profundidad, y teniendo también alargamiento lateral, sus raicillas o pelos absorbentes nacen a distintas alturas y en algunos casos son tenues y muy delgadas, muy excepcionalmente se observa vuelco por efecto de vientos, exceso de humedad y mayormente es por el peso de la panoja, la profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta (Mujica, 1988).

c) Tallo

Tallo de sección circular o cilíndrica cerca de la raíz, transformándose en angular a la altura donde nacen las ramas y hojas, la corteza de tallo está endurecida mientras la medula es suave, las plantas son tiernas y se secan con textura esponjosa cuando maduran (Lescano, 1994).

El tallo principal puede ser ramificado o no, depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven, es de sección circular en la zona cercana a la raíz, transformándose en angular a la altura de las ramas y hojas. Es más frecuente el hábito ramificado en las razas cultivadas en los valles interandinos del

sur del Perú y Bolivia, en cambio el hábito simple se observa en pocas razas cultivadas en el altiplano y en una buena parte de las razas del centro y norte del Perú y Ecuador (Mujica *et al.* 2013).

d) Hojas

Las hojas son de carácter polimórfico en una sola planta; las basales son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente alrededor de la panoja son lanceoladas. Su color va desde el verde hasta el rojo, pasando por el amarillo y el violeta, según la naturaleza y la importancia de los pigmentos. Son dentadas en el borde pudiendo tener hasta 43 dientes. Contienen además gránulos en su superficie dándoles la apariencia de estar cubiertas de arenilla. Estos gránulos contienen células ricas en oxalato de calcio y son capaces de retener una película de agua, lo que aumenta la humedad relativa de la atmósfera que rodea a la hoja y, consecuentemente, disminuye la transpiración (Mujica *et al.*, 2013).

En muchas zonas del área andina se utilizan las hojas tiernas previas a la floración como hortaliza, las hojas son aptas para la alimentación humana, por su alto valor nutritivo ya que contiene vitaminas, minerales y proteínas de calidad, recibiendo el nombre de "llipcha" en Quechua y "chiwa" en Aymara, encontrando alto contenido de proteínas (3.3 % en promedio) siendo la variedad blanca Amarga la de mayor contenido (4,17 %) y Sajama la de menor contenido (2.79%) (Cornejo, 1976).

e) Flores e inflorescencia

Las flores son pequeñas, incompletas sésiles y desprovistas de pétalos, constituida por una corola formada por cinco piezas florales tepaloides, sepaloides, pudiendo ser hermafroditas, postiladas (femeninas) y androesteriles, lo que indica que podría tener hábito autogamo como alogama, faltando determinar con precisión el porcentaje de apogamia en algunos genotipos, en general se dedica que tiene 10% de polinización cruzada; sin embargo, en algunas variedades alcanza hasta el 80% (Kancolla), y en otras el 17% (Erquinio, 1970).

A la inflorescencia se le denomina panoja; una panoja típica está constituida por un eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que contienen a los glomérulos así como por la disposición de las flores y porque el eje principal está más desarrollado que los secundarios, esta puede ser laxa (amarantiforme) o compacta (glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas, es glomerulada cuando las flores forman grupos compactos y esféricos con peciolos cortos y muy juntos, dando un aspecto apretado y compacto (racimo), es amarantiforme cuando los glomérulos son alargados y el eje central tiene numerosas ramas secundarias y terciarias y en ellas, se designan con este nombre por el parecido que tiene con la inflorescencia del género *Amaranthus* (Mujica, 1988).

f) Fruto

Es un aquenio, que se deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorso ventral, tiene forma cilíndrico - lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección, el contenido de humedad del fruto a la cosecha es de 14.5% (Gallardo *et al.*, 1997).

3.1.1.4. Fenología de la quinua

Mujica *et al.*, (2001), indican que la quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciables, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta, se han determinado doce fases fenológicas:

a) Emergencia

Es cuando las semillas germinan y emergen del suelo a manera de una cabeza de fósforo “Tipo de germinación” Es distinguible solo cuando uno observa. Ocurre a los 5-6 días después de la siembra, en condiciones adecuadas de humedad (Canahua *et al.*, 1989).

b) Dos hojas verdaderas

Es cuando los cotiledones emergidos se separan y muestran las dos hojas cotiledonales extendidas de forma lanceolada angosta. Las plántulas presentan en forma nítida a los 7 a 10 días después de la siembra. En muchos casos se puede distinguir la coloración que tendrá la futura planta sobre todo las pigmentadas de color rojo o púrpura. (Canahua *et al.*, 2001).

c) Cuatro hojas verdaderas

Es cuando ya se observa dos pares de hojas verdaderas completamente extendidas; se nota, aun, las hojas cotiledonales en la base. Hay inicio de formación de botones en las axilas del primer par de hojas. Esta fase ocurre de los 25-30 días después de la siembra. La planta tiene buena resistencia a la sequía y al frío, por su desarrollo radicular. (Mujica *et al.*, 1989).

d) Seis hojas verdaderas

En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando la planta está sometida a bajas temperaturas y al anochecer, stress por déficit hídrico o salino. (Mujica y Jacobsen, 1998).

e) Ramificación

Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra, en esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice sino por debajo de éste, y en caso de bajas temperaturas que afectan a las plantas, se produce el "Colgado" del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinquas de valle. (Mujica *et al.*, 2001).

f) Inicio de panojamiento

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta etapa ocurre el ataque de la primera generación de *Eurissacca quinoa* (Q'hona-q'hona), formando nidos, enrollando las hojas y haciendo minas en las hojas. (Mujica *et al.*, 2001).

g) Panojamiento

La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; asimismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicionales. (Mujica *et al.*, 2001).

h) Inicio de floración.

Es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón. (Mujica *et al.*, 2001).

i) Floración o antesis

La floración es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra. Esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran cerradas, así mismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas

fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los 38°C se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas. (Mujica *et al.*, 2001).

j) Grano lechoso

El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente. (Mujica *et al.*, 2001).

k) Grano pastoso

El estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de Q'hona q'hona (*Eurisacca quinoa*) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano. (Mujica *et al.*, 2001).

l) Madurez fisiológica

Es cuando el grano formado es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, Ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el período de llenado del grano; así mismo, en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación (Gandarillas *et al.*, 1968).

3.1.1.5. Requerimiento de nutrientes del cultivo de quinua

La quinua prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderados y un contenido medio de nutrientes, puesto que la quinua es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio.

También puede adaptarse a suelos franco arcillosos, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estadios. Por otro lado menciona que la quinua tiene alto rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo, se ha probado que da producciones buenas en suelos alcalinos de hasta 9 de pH, en los salares de Bolivia y de Perú, como también en condiciones de suelos ácidos encontrando el extremo de acidez donde prospera la quinua, equivalente a 4.5 de pH, en la zona de Michiquillay en Cajamarca. (Mujica *et al.*, 2004)

a) **Nitrógeno (N)**

En todas las plantas, el nitrógeno desempeña el papel de regulador en la asimilación de fósforo, potasio y otros elementos con que su función principal es la de estimular el crecimiento vegetativo. Su deficiencia se manifiesta con un crecimiento lento, tomándose las hojas amarillentas, comenzando a secarse las puntas (Buckman, 1996). Este elemento se encuentra en mayores cantidades en las partes jóvenes de las plantas suculencia, suavidad, turgencia y, es absorbido en gran cantidad por las plantas y muy móvil en el suelo, en comparación con el fósforo y potasio. El cultivo de quinua es exigente en nutrientes nitrogenados, realizado su aplicación en forma fraccionaria, el primero en la siembra y el segundo al deshierbo (Mujica, 1976).

El nitrógeno incrementa el crecimiento vegetativo y la capacidad fotosintética de la planta; es decir, determina el número de hojas, El número de semillas por inflorescencia y por lo tanto determina el potencial de rendimiento. Una importante cantidad de nitrógeno absorbida por la planta llega a los granos a la madurez y contribuye a la cantidad de proteína. (Brundrett *et al.*, 1996).

b) **Fósforo (P)**

El fósforo es un elemento que da fortaleza a los tallos, esto es notorio en los cereales, lo cual evita el encamado, daño producido en las plantas con deficiencia de este elemento (Thompson, 1962).

El fósforo siendo un elemento que se moviliza en el suelo como otros nutrimentos, las plantas lo absorben por contacto de sus raíces en el complejo coloidal. El fósforo del suelo sufre diferentes cambios que afectan su disponibilidad y es influenciada por múltiples factores como: la temperatura, pH, tipo de arcilla, materia orgánica, naturaleza de fertilizantes, la textura, etc. El fósforo es factor de crecimiento, precocidad, un elemento de calidad, fundamentalmente verdadero complemento de nitrógeno cuya acción sobre la cantidad es predominante (Gros, 1962).

También el fósforo es absorbido en forma de ion monovalente, ortofosfato H_2PO_4 , conocido como fosfato, es uno de los principales aniones absorbidos por la planta; un suelo ácido tiende a acumular más fósforo orgánico (Thomson, 1962).

c) Potasio (K)

La presencia de potasio en las plantas ejerce un aspecto compensador para la mejor asimilación del nitrógeno y fósforo y una cantidad de potasio disponible. Tiene una relación con el vigor del crecimiento de las plantas, aumenta la resistencia de las plantas a las heladas y enfermedades criptogámicas. El potasio disminuye la transpiración de las plantas y este hecho permite economizar el agua, asegurando por consiguiente, una mejor resistencia de las plantas a la sequía (Buckman, 1966).

d) El Azufre (S)

Suple del 0.2 al 0.3% de extracto seco de la planta; es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. (Care, 2012)

e) El Calcio (Ca)

Es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. La mayoría de los suelos contienen suficiente Ca disponible para las plantas; sin embargo la deficiencia puede darse en suelos de puna muy pobres en Ca. El objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado. (Care, 2012)

f) El Magnesio (Mg)

Es el constituyente central de la clorofila; por ello, del 15 al 20 % del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta. (Care, 2012)

Los Micronutrientes como: Hierro, cobre, zinc, cloro, boro, molibdeno y manganeso, son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta; son comparables con las vitaminas en la nutrición humana. Son absorbidos en cantidades minúsculas, y su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo. (Care, 2012)

3.1.1.6. Suelo y clima

Respecto al suelo, la quinua prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica; se adapta muy bien a suelos con un pH de 4.5 - 8.5; además, la quinua es de fácil adaptación a diferentes condiciones ambientales por su amplia variabilidad genética y requieren de precipitaciones pluviales de 300 a 800 mm anuales (Mujica *et al.*, 2001).

La quinua prefiere suelos francos, semiprofundos, con un buen contenido de materia orgánica y buen drenaje, el pH del suelo debe ser neutro o ligeramente alcalino, aunque algunas variedades procedentes de los salares de Bolivia, pueden soportar pH 8, demostrando carácter halófilo, asimismo encontrado quinuas de suelo ácidos pH 4.5. (Tapia, 1997).

Los cultivos de quinua deben realizarse en suelos que tengan un rango de pH 6.5 a 8.0 y de preferencia en suelos de pH 6.5 que posee la mayor parte de la Región Altiplánica, obteniéndose el mejor rendimiento de grano y de materia seca. (Apaza, 1977).

3.1.1.7. Características de la Variedad SALCEDO – INIA

La semilla de la variedad Salcedo – INIA es de 99 % de pureza, tiene un buen poder germinativo de 98.5 % y con valor cultural de 97.5 %; lo que demuestra que se trata de una buena semilla apta para la siembra. Esta variedad fue seleccionada a partir de la cruce de las variedades “Real Boliviana” X “Sajama” realizado en Patacamaya; planta de color verde, planta de 1.50 m. de altura, de ciclo vegetativo precoz de 160 días, grano blanco y dulce es decir no requiere un lavado exigente, panoja generalmente glomerulada, resistente a las heladas y al “mildiu”, rendimiento promedio de 2500 kg/ha, requiere de una textura de suelo de franco arenoso y un rango de pH de 5.5 a 7.8 (Apaza *et al.*, 2006).

Apaza (2005), describe las siguientes características:

a) De la planta

| | | | |
|---|---------------------------------|---|---------|
| - | Altura de la planta | : | 1.26m |
| - | Diámetro de tallo | : | 2.4cm |
| - | Color de tallo | : | Verde |
| - | Presencia de axilas pigmentadas | : | Ausente |

b) De panoja

| | | | |
|---|-------------------|---|-------------|
| - | Diámetro | : | 10cm |
| - | Longitud | : | 40cm |
| - | Peso grano/panoja | : | 39.8g |
| - | Color en madurez | : | Blanco |
| - | Forma | : | Glomerulada |
| - | Densidad | : | Compuesta |

c) De hoja

| | | | |
|---|-----------------------------|---|-------|
| - | Longitud máxima del peciolo | : | 3.7cm |
| - | Longitud máxima de la hoja | : | 5.7cm |
| - | Ancho máximo de la hoja | : | 4.4cm |

d) Del grano

| | | | |
|---|--------------------------------------|---|--------|
| - | Color | : | Blanco |
| - | Tamaño | : | 2.0mm |
| - | Peso de 1000 granos | : | 3.7g. |
| - | N ^o de granos en un gramo | : | 347 |
| - | N ^o de granos /panoja | : | 5 811 |
| - | % de saponina | : | 0.020 |

e) Características agronómicas

| | | | |
|---|-----------------------|---|--------------------|
| - | Periodo vegetativo | : | Precoz de 150 días |
| - | Resistencia a heladas | : | -2°C |
| - | Respuesta al mildiu | : | Tolerante |

f) Agroecología

| | | | |
|---|--------------------|---|---------------------------|
| - | Clima | : | Semi seco y frio |
| - | Zona agroecológica | : | Circunlacustre y suni |
| - | Altitud | : | de 3 815 hasta 3 950 msnm |
| - | Precipitación | : | 400 – 560mm |
| - | Temperatura óptima | : | 6°C a 17°C |
| - | Textura del suelo | : | Franco, Franco arenoso |
| - | pH | : | de 5.5 a 7.8 |

3.1.2. Características generales del invernadero

Redobledo y Vicente (1988) señalan que los invernaderos o abrigos son construcciones agrícolas, que tienen por objeto la producción sistemática y fuera de estaciones de productos hortofrutícolas, convirtiéndose en un instrumento de trabajo que permite controlar eficazmente los rendimientos en calidad y cantidad. A su vez, establecen que las principales ventajas que aportan los invernaderos son:

- Precocidad de cosechas.
- Aumento de rendimiento.

- Posibilidad de obtener cosecha fuera de época.
- Frutos de mayor calidad.
- Ahorro de agua.
- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Posibilidad e instalación de riego automático.
- Siembra de variedades selectas.
- Posibilidad de obtener en la misma parcela de cultivo dos o tres cosechas al año.

3.1.2.1. Temperatura en el invernadero

Las plantas prefieren un calor moderado, sin mayores fluctuaciones, la gran mayoría estará bien ambientada con una temperatura promedio que vaya de los 10⁰C a 21⁰C. Una temperatura muy elevada con poca luz y poca humedad harán que las plantas se desarrollen muy poco y las hojas se arruguen. (Douglas, 1985).

3.1.3. Aspectos generales de fertilidad de quinua

3.1.3.1. Fertilidad del suelo

Para aumentar la productividad de un suelo, es muy necesario fertilizar el terreno y así poder alcanzar un mayor rendimiento en grano de quinua, además de fertilizar el terreno habrá de tenerse en cuenta, la formulación más adecuada y la época precisa de aplicación, para el mejor rendimiento económico posible. (Chirinos, 2001).

3.1.3.2. Materia orgánica

La materia orgánica (M.O.) es un componente indispensable de los suelos agrícolas, de mucho valor para la nutrición de las plantas. Prueba de ello es la alta productividad de nuestros suelos de la selva cuando recién son puestos en el cultivo, por su alto contenido en materia orgánica y nitrógeno (Páez, 1960). Por otro lado, si no se suministra M.O. en forma adecuada a un suelo, su contenido de nitrógeno, poco a poco irá decreciendo y la cosecha también será afectada; además, la materia orgánica

moviliza los elementos nutritivos, regula el calor y mantiene la humedad del suelo por más tiempo (Zendy, 1952).

El estiércol tiene una composición media, de 10 toneladas puede proporcionar en total unos 50kg, de nitrógeno, 25kg, de ácido fosfórico y 50 kg, de potasio (Buckman, 1966). Normalmente no se emplea el estiércol fresco si no el fermentado como abono orgánico del campo de cultivo; y es por eso que se debe fermentar el estiércol a una temperatura de 30 a 45°C (Buckman, 1966). En los cereales el estiércol debe aplicarse bien descompuesto; éste, posee un promedio de 0.5% de N. 0.25% de ácido fosfórico y 0.5% de potasio. A los cereales el nitrógeno aumenta la corpulencia de los granos y el porcentaje de proteínas; el color verde a las hojas y el suelo que contiene 4% de materia orgánica (Zendy, 1952).

3.1.3.3. Biofertilizantes o fertilizantes biológicos

Son microorganismos aliados para lograr un buen crecimiento y nutrición de las plantas formando una serie de asociaciones simbióticas y no simbióticas para un mejor aprovechamiento de los recursos del suelo. Entre estas asociaciones se encuentran los microorganismos que ayudan a la degradación de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno, producción y liberación de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, solubilización de elementos minerales y protección frente a fitopatógenos, entre otros. En la actualidad existe un creciente interés en el uso de estos microorganismos en desarrollos agroecológicos mediante su incorporación en biofertilizantes, para lo cual son indispensables los estudios básicos y aplicados que generan tecnologías que permiten la utilización masiva de biopreparados microbianos en modelos alternativos de agricultura enmarcados dentro el concepto de sostenibilidad (Valero, 2003).

La utilización de Biofertilizantes formados a partir de microorganismos *Trichoderma* spp tiene bastante importancia para la vida humana y la funcionalidad de un ecosistema. Este género es uno de los principales descomponedores de la materia orgánica y es esencial para la recirculación de nutrientes en el medio ambiente. Algunos miembros de este género tienen asociaciones simbióticas con plantas, mientras que otros son usados como agentes de biocontrol contra organismos patógenos, además de la producción de enzimas industriales (Druzhinina y Kubicek, 2005).

3.1.4. Características generales de *Trichoderma* spp

Trichoderma es un hongo comúnmente del suelo y se reproduce asexualmente, es filamentoso, anamórfico, heterótrofo, aerobio, con una pared celular compuesta de quitina, de rápido crecimiento que puede utilizar una gran variedad de sustratos complejos como celulosa, quitina, pectina y almidón como fuente de carbono. Muchas cepas crecen eficientemente en medios sólidos o líquidos y en un amplio rango de temperaturas, además son relativamente tolerantes a humedades bajas y tienden a crecer en suelo ácido, *Trichoderma* crece en los medios de cultivo con un desarrollo difuso que cubre toda la superficie del agar como un césped amarillo o amarillo verdoso, la superficie de la colonia es granular o plumosa. En las características microscópicas. Las conidias son esféricas y mantenidas en racimos compactos mediante una ligera secreción mucilaginosa (Harman y Chet, 1981).

La población de *Trichoderma* decrece especialmente cuando la humedad del ambiente desciende por largos periodos de tiempo. Otros estudios han determinado que el pH, la concentración de CO₂, HCO₃, sales y el contenido de materia orgánica son factores físicos y químicos determinantes para la variación de la poblacional de *Trichoderma*, además de la presencia o ausencia de otros microorganismos en el ambiente (Fonseca, 1998).

3.1.4.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del género *Trichoderma* es la siguiente (Papavizas, 1985).

| | | |
|--------------------|---|--------------------|
| Super Reino | : | Eucariota |
| Reino | : | Fungi |
| Filum | : | Ascomycota |
| Subfilum | : | Pezizomycotina |
| Clase | : | Sordariomycetes |
| Subclase | : | Hypocreomycetidae |
| Orden | : | Hypocreales |
| Familia | : | Hypocreaceae |
| Género | : | <i>Trichoderma</i> |

3.1.4.2. Ventajas de *Trichoderma* spp.

Elad *et al.*, (1993), señalan que promueve el crecimiento de raíces y pelos absorbentes, moviliza nutrientes que posee un amplio rango de acción, se propaga en el suelo ejerciendo un control duradero hacia patógenos. Tiene un marcado efecto preventivo de enfermedades de la raíz y el follaje. Protege las semillas agrícolas y botánicas de fitopatógenos. Controla patógenos de la raíz (*Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*) y el follaje (*Botritis* y *Mildiu*) antes que puedan ser detectados y evita el ataque de (*Phytophthora*). Disminuye o elimina la dependencia de fumigantes químicos y actúa como biodegradante en el suelo para las plantas, mejorando la nutrición y la absorción de agua. Es compatible con Micorrizas, Azotobacter, otros Biofertilizantes y con bioagentes controladores de plagas y enfermedades.

Acelera la descomposición de la materia orgánica, puede ser empleado en el proceso de compostaje donde también cumple funciones de biofungicida. Estimula el crecimiento de los cultivos al producir metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las plantas y favorece la proliferación de organismos benéficos en el suelo, como otros hongos antagónicos.

3.1.5. Condiciones de crecimiento

Dentro de los factores que afectan el crecimiento de *Trichoderma* se encuentran los de tipo físico y de tipo nutricional como:

3.1.5.1. Fototrofia

La mayoría de especies del género *Trichoderma* son fotosensibles, puesto que presentan una mayor esporulación al ser expuestas a la luz. Sin embargo, cuando se someten a periodos alternados de luz y oscuridad, se favorece la colonización del hongo sobre diferentes sustratos sólidos (Domsch *et al.*, 1980).

3.1.5.2. Esporulación

Trichoderma esporula fácilmente sobre muchos sustratos naturales y artificiales en un patrón concéntrico circular en respuesta a la alternación de luz diurna y oscuridad, donde los conidios se producen durante el periodo de luz. La exposición de los cultivos en agar durante 20 a 30 segundos a la luz es suficiente para inducir la esporulación. La mayor foto inducción de la conidiogénesis se obtiene con la exposición a la luz del día por 3 minutos o cerca de la radiación ultravioleta Tipo A (366nm) de 10 a 30 segundos. Además, el número total de conidios producidos es inversamente proporcional a la concentración de la fuente de carbono (Fonseca, 1998).

3.1.5.3. Germinación

Para su aprovechamiento el hongo emplea enzimas como amilasas, α -glucosidasas, endo y exocelulasas que realizan la hidrólisis de los azúcares simples para dar inicio a la germinación en los diferentes medios de cultivo; mientras que para iniciar el proceso de infección, se debe tener en cuenta la composición química de la pared celular de los conidios (Astudillo, 1999).

3.1.5.4. Salinidad

Trichoderma se ve inhibido en su crecimiento en altas concentraciones de cloruro de sodio (80 g/l aproximadamente), aunque tolera una concentración de 60g/l de cloruro de sodio, estas condiciones pueden ocasionar mutaciones perjudicando el proceso de conidiogénesis, al disminuir notablemente la producción de esporas (Moore, 1996).

3.1.5.5. Potencial de hidrógeno

Trichoderma tiene un rango de pH relativamente amplio para su crecimiento. Presenta crecimiento a valores de pH comprendidas entre 2,0 y 9,0 con un pH óptimo que se encuentra entre 4,0 y 7,0. A pH ácido, la asimilación de nutrientes como glucosa ejerce una influencia importante sobre el crecimiento del hongo y su posterior

esporulación. Además, procesos como la germinación, se ven afectados por la escasez de nutrientes y por niveles de pH por encima de 9,0 (Domsch *et al.*, 1980).

3.1.5.6. Temperatura

El rango de temperatura para el crecimiento de *Trichoderma* se encuentra entre los 10°C a los 40°C, considerándose un óptima de 25°C (Alexopoulos, 1996).

3.1.5.7. Humedad

El contenido de humedad que favorece el crecimiento saprófito de *Trichoderma* se encuentra entre 70% y el 80% (Wakelin *et al.*, 1999).

3.1.6. Necesidades nutricionales

Trichoderma es capaz de degradar sustratos muy complejos tales como almidón, pectina y celulosa entre otros, y emplearlos como fuente de carbono para su crecimiento gracias a la variada maquinaria enzimática que posee (enzimas hidrolíticas tales como amilasas, pectinasas, celulasas y quitinasas, entre otras), aunque puede emplear también ácidos orgánicos y monosacáridos como fuente de carbono. Así mismo, *Trichoderma* asimila como fuente de nitrógeno compuestos tales como aminoácidos, urea, nitritos, amoníaco y Sulfato de amonio (Moore, 1996).

Adicionalmente, se ha demostrado que la adición de nitrógeno en forma de sulfato de amonio al medio estimula e incrementa el crecimiento de este hongo, mientras que la adición de nitrógeno como nitrato de calcio genera una supresión en el crecimiento de *Trichoderma* (Danielson *et al.*, 1973; Wakelin *et al.*, 1999).

3.1.6.1. Interacciones *Trichoderma* – planta

Trichoderma es capaz de colonizar la superficie de las raíces y causar cambios sustanciales en el metabolismo de los tejidos de las plantas promoviendo el crecimiento de las plantas, incrementando la disponibilidad de nutrientes y mejorando la producción de los cultivos (Harman *et al.*, 2004).

3.1.6.2. *Trichoderma* en el desarrollo de la planta y la resistencia a patógenos

Las propiedades benéficas que se atribuyen a *Trichoderma* es el Control de patógenos en raíz y hojas induciendo resistencia, control biológico por ataque directo a enfermedades fúngicas de las plantas como antagonismo; así mismo, en la composición de la micro-flora en la raíz, mejora; la absorción de nutrientes, solubilidad de los nutrientes del suelo, crecimiento radicular, Incrementa la formación de pelos absorbentes, y mejora la profundización de raíz (Harman, 2007).

3.1.6.3. *Trichoderma viride*

Es un hongo utilizado como biofungicida por sus múltiples propiedades siendo altamente efectivo para suprimir enfermedades causadas por hongos patógenos. *Trichoderma viride* ataca a otros hongos y además estimula el crecimiento de la planta y de las raíces. Cuando se aplica durante la siembra, coloniza las semillas multiplicándose sobre la superficie de manera que les proporciona una protección contra enfermedades que se encuentran en el suelo (Benítez *et al.*, 2004).

3.1.6.4. *Trichoderma harzianum*

Es un hongo antagonista de patógenos vegetales y se encuentra presente en la mayoría de los suelos. Su crecimiento se ve favorecido por la presencia de raíces de plantas, a las cuales coloniza rápidamente. Algunas cepas, son capaces de colonizar y crecer en las raíces a medida que están se desarrollan. Su aplicación una vez formulado el producto es fácil, puede añadirse directamente a las semillas o al suelo, semilleros, transplantes, bandejas y plantas de macera, empleando cualquier método convencional. *Trichoderma harzianum* tiene excelentes propiedades para el control biológico siendo especialmente efectiva contra *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Pythium* a su vez, es un excelente estimulador del crecimiento radicular (Iab, 2013).

3.1.7. Solarización

Con la solarización es posible eliminar hongos, nematodos y otros patógenos, así como semillas de malezas presentes en el sustrato; además, este método permite el uso

complementario de fungicidas, nematicidas, etc. en dosis que puede ser mucho menor que las recomendadas (Aguilar *et al.*, 1989).

El sustrato a desinfectar es una mezcla de suelo y agua a capacidad de campo. Esta práctica se realiza fuera de los invernaderos en un patio o terreno, exponiendo el sustrato a los rayos solares. Se utiliza plástico transparente de un espesor comprendido entre 0.05-0.50 mm. Recomendándose el de mayor grosor por su durabilidad y porque además conserva mejor la temperatura, se basa en un proceso físico, alternando altas y bajas temperaturas. La humedad del sustrato juega un papel importante debido a que en las horas de mayor temperatura produce vapor y en las de menor temperatura (durante la noche), se condensa, produciéndose un proceso de pasteurización continua durante el tiempo. Estas fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche, rompen fácilmente el ciclo biológico de los fitopatógenos presentes en el sustrato (Aguilar *et al.*, 1989).

La solarización del suelo es un término que se refiere a la desinfestación del suelo por medio del calor generado de la energía solar capturada. La captura de energía solar para elevar la temperatura del suelo con este propósito es una actividad que se remonta a tiempos lejanos. Experimento con la solarización del suelo obtuvo un control efectivo de organismos patogenéticos del suelo capturando energía solar bajo parcelas frías sujetas a la luz solar directa antes de la siembra, por periodos suficientes para elevar hasta 40 - 60 °C la temperatura de la capa superior del suelo (hasta una profundidad de 10cm) (Grooshevoy, 1939).

La solarización del suelo es un proceso hidrotermico que tiene lugar en el suelo húmedo el que es cubierto por una película plástica y expuesta a la luz solar durante los meses más cálidos. El proceso del calentamiento solar del suelo es conocido como solarización del suelo y abarca un complejo de cambios físicos, químicos, y biológicos de la misma asociación con el calentamiento solar y tiene valor como una alternativa al uso de ciertos productos químicos para la agricultura (Barakat *et al.*, 2001).

3.2. MARCO CONCEPTUAL

3.2.1. Asepsia

Consiste en la aplicación de un conjunto de procedimientos para eliminar o reducir la contaminación por microorganismos sin el empleo de antisépticos. Conjuntamente con la aplicación de métodos asépticos se utiliza esterilización, desinfectantes, medios selectivos y técnicas especiales según el tipo de microorganismos, con el fin de establecer y mantener cultivos puros de fitopatógenos (Smith, 1967).

3.2.2. Agar

Es una gelatina vegetal, un polisacárido que se extrae de algas por medio de ácido sulfúrico diluido a una temperatura de 80 °C. Se usa en Asia como comestible. (Riker *et al.*, 1968).

3.2.3. Antibiótico

Sustancia producida por un microorganismo capaz de inhibir el crecimiento o destruir otros microorganismos. (French *et al.*, 1982).

3.2.4. Autoclave

Es un recipiente metálico de paredes gruesas con cierre hermético que permite trabajar con vapor de agua de alta presión y alta temperatura que sirve para esterilizar e inactivar todos los virus y bacterias. (Matachana, 2011).

3.2.5. Biofertilizantes

Consiste en el uso de microorganismos para mejorar la fertilidad del suelo como las bacterias que fijan nitrógeno atmosférico (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*), algas (*Azolla*) y hongos que viven en las raíces de las plantas permitiéndoles absorber mejor el fósforo y protegiéndolos contra las enfermedades, Estos microorganismos se

pueden inocular o aplicar al suelo para facilitar su multiplicación. (Miyashiro *et al.*, 2007).

3.2.6. Biomasa

Se considera por biomasa a todo el conjunto de elementos vivos y es la cantidad de materia acumulada en un individuo, también se puede clasificar en biomasa seca como: madera, leña, residuos forestales etc. (Wikipedia, 2013).

3.2.7. Caldo de cultivo

Medio orgánico o inorgánico líquido, que permite el crecimiento de microorganismos. (French *et al.*, 1982).

3.2.8. Conidia

Espora de origen asexual producida por los hongos. (French, *et al.*, 1982).

3.2.9. Espora

Sé refiere a las estructuras resultantes de la reproducción en criptógamas (French *et al.*, 1982).

3.2.10. Esterilización

Es la eliminación por muerte o separación de todo organismo viviente de un material. Esto se consigue por medio de calor, filtración, u otros métodos físicos o químicos. Los métodos más comunes incluyen el uso de calor, en sus formas de calor seco o de calor húmedo. (Riker *et al.*, 1968). La esterilización con vapor es el método efectivo, actúa coagulando las proteínas de los microorganismos llevando así su destrucción. (Jan Huny, 1999).

3.2.11. Hongos

Son organismos que viven en el suelo y dentro de los tejidos de las plantas, sin causar síntomas o daños aparentes ellos colonizan la mayoría de plantas sanas; consideradas como simbioses y mutualistas omnipresentes. Se pueden encontrar en varios tejidos, semillas, raíces, tallos y hojas (Bandara *et al.*, 2006).

3.2.12. Inocular

Añadir o Transmisión de microorganismos desde un cultivo artificial al interior de un ser vivo. Un inoculante es un concentrado de bacterias específicas, que aplicado convenientemente a la semilla poco antes de su sembrado, mejora el desarrollo del cultivo. Su empleo es una práctica agronómica reconocida en el mundo por sus beneficios productivos y económicos (principalmente en gramíneas y leguminosas), a tal punto que desde hace algunas décadas se lleva a cabo en países de los cinco continentes (México, Holanda, Brasil, Japón, Bulgaria, Colombia, Australia, Canadá, Estados Unidos, República Checa, Argentina, etc.).(Wikipedia, 2013).

3.2.13. Materia seca

Es el de la eliminación del agua libre por medio del calor, seguida por la determinación del peso del residuo, siendo necesario someter las muestras a temperaturas que aseguren un secado rápido para eliminar pérdidas por acción enzimática y respiración celular (Batteman, 1970).

3.2.14. Medio de cultivo

Es una sustancia o solución que permite el crecimiento de uno o más organismos, cultivo (es el producto del crecimiento de un organismo o grupo de organismos, establecido con fines experimentales o industriales. Cultivo Puro (es el cultivo de un solo organismo y su progenie. Es un cultivo clonal de un organismo libre de todo contaminante (Echandi, 1967).

3.2.15. Melaza

Es un líquido denso y negruzco constituido por el residuo que permanece en las cubas después de la extracción de la mayor parte de los azúcares de caña por cristalización y centrifugación. Las melazas son concentraciones de hidratos de carbono, los azúcares representan el orden del 80% de su contenido en materia seca como consecuencia; son muy palatables y su contenido energético es apreciable. Este sub producto de la industria azucarera posee un alto contenido de sacarosa 32% oligosacáridos (rafinosa) y ácidos orgánicos (málico, oxálico, láctico, actínico y cítrico (FENDA, 2003).

3.2.16. Peletizar

Consiste en recubrir semillas o envolverlas con diversos materiales. (Duran, 1989).

3.2.17. Solarización

Es un sistema de desinfección consistente en tapar los suelos húmedos mediante plásticos transparentes en los días más calurosos, para aumentar su temperatura gracias a los efectos de las radiaciones solares. (Wikipedia, 2013).

3.2.18. *Trichoderma*

Es un hongo saprofito que ha sido aislado comúnmente del suelo en diferentes países del mundo y es usado por su función antagonista. Se ha encontrado sobre la superficie de las raíces de las plantas, sobre cortezas en descomposición, en el interior de troncos, y sobre otros hongos (Harman *et al.*, 2004).

3.2.19. Via drench

Es una técnica que consiste en aplicar Biofertilizantes o fertilizantes granulados disueltos en agua y aplicada sobre la superficie del suelo, en donde se encuentran las semillas y raíces absorbentes (PROCAFE, 2003).

3.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

3.3.1. Hipótesis general

La biofertilización con *Trichoderma* sp tienen efecto en la nutrición, crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. Salcedo INIA en condiciones de invernadero.

3.3.2. Hipótesis específica

- Los métodos de inoculación de cepas de *Trichoderma* sp tienen efecto en el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Var. Salcedo INIA en condiciones de invernadero.
- Las cepas de *Trichoderma* sp tienen efecto en la nutrición de plantas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Var. Salcedo INIA en condiciones de invernadero.
- Las cepas de *Trichoderma* sp influyen en las características químicas del sustrato suelo de plantas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Var. Salcedo INIA en condiciones de invernadero.

IV. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

4.1. MATERIALES DE ESTUDIO

4.1.1. Material vegetal

Se utilizó semillas de quinua de la variedad Salcedo - INIA, provenientes del Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA – Salcedo. El análisis de semillas del material experimental presento las siguientes características:

Cuadro 1. Valor cultural de la semilla

| Quinua | Pureza Varietal % | Poder Germinativo % | Energía Germinativa | Valor Real % | Humedad % |
|-----------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------|-----------|
| Variedad Salcedo INIA | 99.13 | 98.00 | Muy buena | 97.14 | 11.00 |

Fuente: Luciano Dueñas Quispe Laboratorista –EPIA (SEM).2014.

4.1.2. Cepas de *Trichoderma* sp

Las cepas de *Trichoderma* sp fueron proporcionados por el laboratorio de fitopatología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica descritas en el cuadro 2. Estos hongos endófitos fueron colectados a partir de hojas, tallos y rizosfera de plantas quinua tomadas del CIP - Camacani e Illpa, y actualmente se encuentran conservados a -10°C en una solución de glicerol al 2%.

Cuadro 2. Procedencia de cepas de *Trichoderma* sp

| N° | CEPA | Órgano | Quinua | Localidad | Región |
|----|---------|--------|--------------|-----------|--------|
| 1 | T.E.5 | Tallo | Kankolla | Puno | Puno |
| 2 | T.E.7 | Tallo | Salcedo INIA | Pusi | Puno |
| 3 | T.E.3 | Tallo | Salcedo INIA | Camacani | Puno |
| 4 | T.E.55 | S.E. | S.E. | Cusco | Cusco |
| 5 | T.E.120 | S.E. | S.E. | Cusco | Cusco |

T.E = Cepa *Trichoderma* S.E.= Sin Especificar

4.2. METODOLOGIA

La presente investigación se realizó en dos fases (Laboratorio e invernadero).

4.2.1. Fase laboratorio

4.2.1.1. Preparación de medios de cultivo papa sacarosa agar (PSA)

Para un litro de preparación; En un recipiente se incorporó 250 g. papa lavada y picada en trozos de tamaño mediano, y se dejó hervir con 500 ml de agua destilada por el lapso de 30 min aproximadamente, en otro recipiente se procedió a diluir 19g de agar con 500 ml de agua destilada luego se unió los contenidos preparados como (caldo de papa, agar diluido y 10 g de azúcar rubia) y se procedió a dispensar en matraces de 150 – 200 ml de capacidad. Posteriormente se autoclavo a una temperatura de 120 ° C y a 15 lbs de presión por espacio de 20 min.

4.2.1.2. Reactivación y multiplicación de cepas de *Trichoderma sp*

Las cepas seleccionados de *Trichoderma sp*, se reactivó en placas petri con papa, sacarosa, agar (PSA) e inoculadas por cinco días a 25 °C. Figura 1, a partir de estos cultivos fueron repicados a otras placas con medio de PSA para multiplicar las cepas de *Trichoderma sp* para su posterior reproducción en sustrato de arroz.

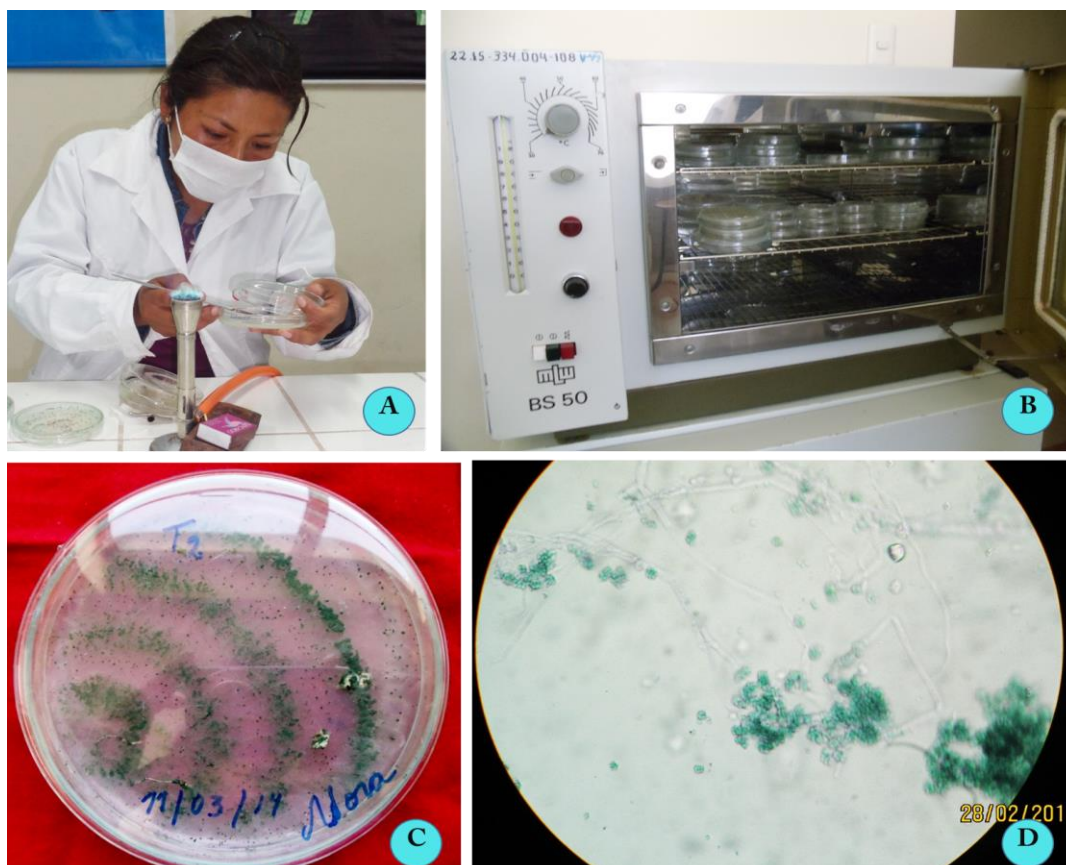


Figura 1. Reactivación y multiplicación de cepas de *Trichoderma* sp A) Siembra de cepas de *Trichoderma* sp en medio PSA B) Placas con cepas de *Trichoderma* sp incubadas a una temperatura de 25°C. C) Desarrollo de conidias de *Trichoderma* sp en medio de PSA a los 5 días de edad. D) Observación de las características microscópicas de *Trichoderma* sp (40X)

4.2.1.3. Producción de *Trichoderma* sp en sustrato de arroz

En condiciones asépticas se pesó 400 g. de arroz en bolsas de polipropileno de 10 x 15cm seguidamente se incorporó bicarbonato de sodio 150 ml al 3% por bolsa, y se cerró con hilos de algodón para prevenir la contaminación, seguidamente se homogenizó la mezcla de cada bolsa de arroz, luego se llevó al autoclave para su esterilización a una temperatura de 120 °C y presión de 15 lbs. por 20 minutos. De las cepas de *Trichoderma* sp de cinco días de edad se hizo trocitos del medio PSA con el hongo, se colocó media placa para cada bolsa de arroz, fueron bien cerradas y llevadas a la incubadora bajo luz durante 14 días a una temperatura de 25°C.



Figura 2. Producción de *Trichoderma* sp. A.) Pesado de 400 g. de arroz B) Incorporación de bicarbonato de sodio al sustrato de arroz C). Material autoclave a 120 °C, a una presión de 15 lbs. por 20 minutos D) Incorporación de medio de PSA colonizadas con cepas de *Trichoderma* sp a bolsas de sustrato arroz. E). Bolsas de sustrato arroz con cepas de *Trichoderma* sp en incubadora F). Producción de conidias de *Trichoderma* sp en sustrato de arroz.

4.2.1.4. Uniformización de inóculo para la aplicación de *Trichoderma* sp Via drech suelo

Para el conteo de conidias de *Trichoderma* sp. se hizo diluciones seriadas de 10^{-3} , para la cual se pesó 1g. de sustrato de arroz colonizadas con cepas de *Trichoderma* sp, seguidamente se realizó tres diluciones seriadas, se colocó en tubos de ensayo con 9ml de agua destilada estéril luego se agito para que se desprendan las conidias del arroz, enseguida se sacó con una jeringa de 5ml, 1ml de la suspensión de conidias para transferir a otro tubo de ensayo con 9ml de agua destilada estéril, y se observó con 1ml de líquido para su respectivo conteo en el hematocitómetro, se determina por conteo directo en cámara de Neubauer, se cuenta el número de los cuatro cuadrantes secundarios (CS) esquinados y el central de la cámara (CC) a partir del conteo se estandarizo la suspensión de conidias para aplicar al suelo y peletizar semillas de quinua a una concentración de 1×10^7 uf/g. de sustrato suelo y 1×10^6 ufc/g de semilla. Se aplicó la siguiente formula se obtienen los números de conidias por mililitros, $\text{Suma de } 5\text{CS} \times 50000 = \text{Conidios/ml}$, el número de conidios por gramo del producto final se obtiene multiplicando el número de conidias presentes en 1 mililitro por número de mililitros en

que fue disuelta la muestra y dividiendo este resultado entre gramos de muestra usadas
(CM XB)/G=GM

Donde:

CM=Conidias por mililitro

B=Cantidad de mililitros usadas en la solución madre.

G=Cantidad de gramos usados en la solución madre

MG=Conidias por gramo de muestra.

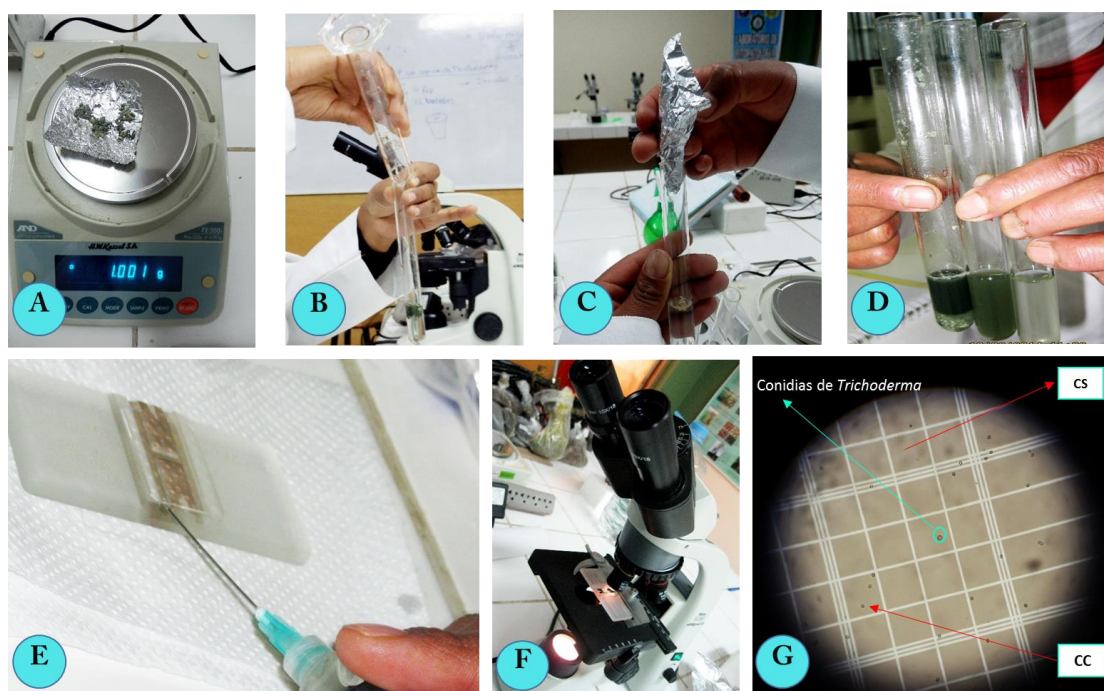


Figura 3. Conteo de conidias de *Trichoderma* sp A) Peso de arroz de 1g B) Tubo de ensayo con agua destilada de 9ml para el lavado de arroz colonizado con *Trichoderma* sp C) Dilución madre de *Trichoderma* sp D) Suspensión de conidias de *Trichoderma* sp E) Suspensión de conidias de *Trichoderma* sp en el hematocítmetro F) Observación de *Trichoderma* sp para la realización del conteo de conidias G) Conteo de conidias de *Trichoderma* sp directo en cámara de Neubauer, CS (Cuadrante secundario), CC(Central de la cámara).

4.2.1.5. Peletización de semillas con cepas de *Trichoderma* sp

La peletización se realizó un día antes de la siembra con semillas de la variedad Salcedo – INIA, se mezclaron las semillas con suspensión de conidias de *Trichoderma* sp a una concentración de 1×10^7 ufc. /Semilla, correspondientes a los tratamientos T1 al T10 más un testigo (cuadro 2) primeramente se pesó arroz colonizados con *Trichoderma* sp (cuadro 4), seguidamente fueron diluidas en centrifuga con 25 ml de agua destilada por 15min. a 3000 rpm, luego transferidos a matraces de 50 ml, y de cada

matraz se extrajo con jeringa 0.6ml de suspensión de conidias de *Trichoderma* sp para ser mezclada con melaza autoclavada de 0.25 ml en frasco vial, conteniendo 1.7g. de semillas de quinua.

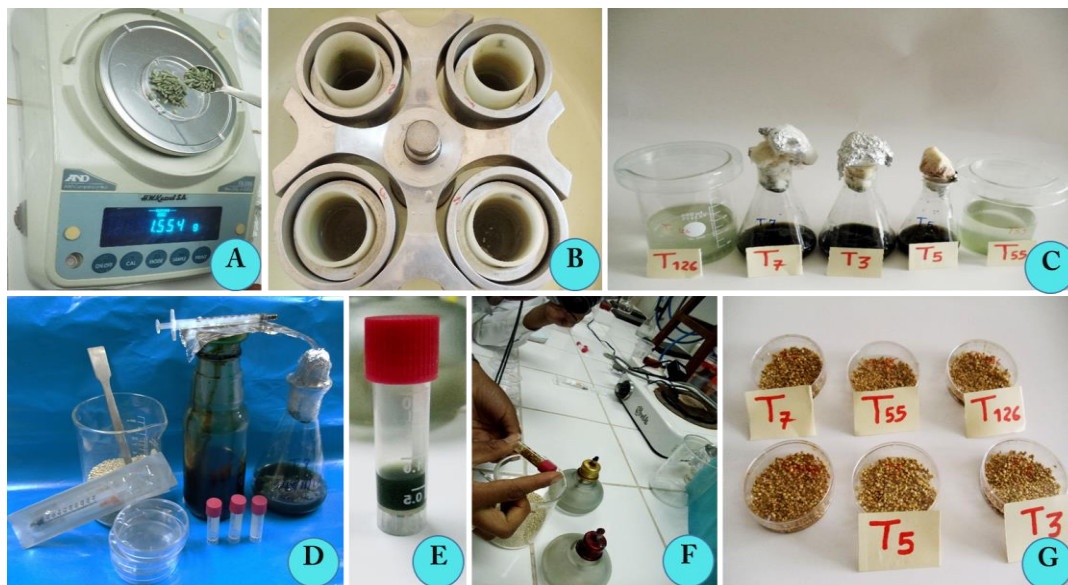


Figura 4. Peletización de semillas con cepas de *Trichoderma* sp y melaza autoclavada A) Peso de arroz con cepas de *Trichoderma* sp B) Disolución de conidias de *Trichoderma* sp con agua destilada en centrífuga C) Suspensión de conidias de *Trichoderma* sp D) Materiales de uso E) Frasco vial con 0.6 ml de suspensión de conidias de *Trichoderma* sp F) Mezcla de suspensión de conidias de *Trichoderma* sp con melaza y semillas de quinua G) Semillas de quinuas peletizadas en placas Petri para su respectiva siembra.

4.2.2. Fase invernadero

4.2.2.1. Preparación y desinfestación del sustrato

Se trajo suelo agrícola de Totorani kilómetro 4 de la Ciudad de Puno, el sustrato suelo fue desinfestado por el método de solarización se hizo camas de 5-10 cm, en donde se colocó en la superficie y sobre este se colocó suelo agrícola, luego se humedeció con agua a capacidad de campo (CC), posteriormente se colocó el suelo húmedo durante un mes con plásticos y por los costados se selló con suelo. Cumplido el mes establecido se procedió a la mezcla de suelo agrícola, materia orgánica y arena a una proporción de 2:1:1, luego se colocó la mezcla en bolsas negras de 40 x 20 cm, por unidad experimental: Así mismo, se realizó un muestreo del sustrato preparado para su respectivo análisis químico.



Figura 5. Preparación, esterilización suelo solarizado. A) Suelo agrícola de Totorani kilómetro 4 de la Ciudad de Puno. B) Suelo agrícola húmedo. C) Suelo cubierto con plástico transparente polipropileno (25-50 micras) durante un mes. D) Cernido de suelo agrícola solarizado. E) Realización de mezcla con materia orgánica y arena a una proporción de 2:1:1 D) Incorporación de la mezcla en bolsas negras de 40 x 20 cm

4.2.2.2. Aplicación de cepas de *Trichoderma* sp

Para la aplicación de *Trichoderma* sp en plantas de quinua se empleó cinco cepas y dos métodos de inoculación: Método I: Vía drench suelo, Método II: Semilla peletizada, (Cuadro 3) se inoculo 10 plantas por cada tratamiento más 2 testigos con dos repeticiones haciendo un total de 120.

Cuadro 3. Tratamiento según método de inoculación con cepas de *Trichoderma* sp. en semillas de quinua var Salcedo INIA

| TRATAMIENTO | MÉTODOS DE INOCULACIÓN | CEPAS DE <i>Trichoderma</i> sp |
|-------------|------------------------|--------------------------------|
| T1 | M1 Vía drench suelo | T.E.5 |
| T2 | M1 Vía drench suelo | T.E.7 |
| T3 | M1 Vía drench suelo | T.E.3 |
| T4 | M1 Vía drench suelo | T.E.55 |
| T5 | M1 Vía drench suelo | T.E.120 |
| T6 | Testigo | Sin <i>Trichoderma</i> |
| T7 | M2 Semilla peletizada | T.E5 |
| T8 | M2 Semilla peletizada | T.E7 |
| T9 | M2 Semilla peletizada | T.E3 |
| T10 | M2 Semilla peletizada | T.E55 |
| T11 | M2 Semilla peletizada | T.E120 |
| T12 | Testigo | Sin <i>Trichoderma</i> |

Método I: Vía Drench suelo con cepas de *Trichoderma* sp

Para obtener una suspensión de conidias 1×10^7 ufc.g. arroz⁻¹ el día de la siembra, se disolvió sustrato de arroz de acuerdo al cuadro 4, esta suspensión se preparó en cinco baldes (cada cepa en un balde) con agua de pozo de 2.3 litros por balde, luego se sembró tres semillas de quinua por bolsa y se regó con 230 lm de sus suspensión de conidias de *Trichoderma* sp por bolsa (Unidad experimental).

Cuadro 4. Peso de arroz colonizado con cepas *Trichoderma* sp

| Cepas de <i>Trichoderma</i> sp (T.E.) | Peso de arroz colonizado con cepas de <i>Trichoderma</i> sp |
|---------------------------------------|---|
| T.E.3 | 3.5 g. de arroz |
| T.E.5 | 10.8 g. de arroz |
| T.E.7 | 6.7 g. de arroz |
| T.E.55 | 0.72 g. de arroz |
| T.E.126 | 1.3 g. de arroz |



Figura 6. Preparación con cepas de *Trichoderma* sp. A) Peso de *Trichoderma* sp. B) Lavado de conidias de arroz con *Trichoderma* sp. C) Cinco baldes con suspensión de conidias de *Trichoderma* sp (cada balde una cepa).

4.2.2.3. Siembra de semilla

Tres días antes de la siembra se riega con 500ml de agua de pozo a capacidad de campo (CC) por cada unidad experimental un total de 120 macetas luego de los tres días establecidas se realizó la aplicación de *Trichoderma* sp según los dos métodos mencionados **MI**: Via drench suelo, se sembró 3 semillas por bolsa y seguidamente se riega con suspensión de conidias de *Trichoderma* sp de 230ml por unidad experimental luego se cubrió con una capa superficial de suelo **MI**: Semilla peletizada, antes de realizar la siembra se agregó 230 ml de agua de pozo a cada bolsa, posteriormente se sembró 3 semillas peletizadas por cada bolsa, luego se cubrió con una capa superficial de suelo, finalmente se cercó con malla el lugar del experimento por 7 días para evitar daños por aves.



Figura 7. Siembra de semilla de quinua. A) Siembra de semillas peletizadas con cepas de *Trichoderma* sp B.) Siembra de semillas de quinua sin peletizar. C) Aplicación de suspensión conidias de *Trichoderma* sp via drench suelo D) Cerco de malla para evitar daños de aves.

4.2.3. Evaluación del efecto de los dos métodos de inoculación de cepas de *Trichoderma* sp en el crecimiento y rendimiento de quinua

Para la evaluación de crecimiento se realizaron cinco evaluaciones biométricas, hasta los 188 días como: altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), número de hojas, longitud radicular (cm), biomasa e índice de cosecha; asimismo en la fase fenológica de inicio de floración a los 89 días de evaluación, se evaluó la longitud radicular, para lo cual se procedió a sacrificar al azar 5 plantas por tratamiento en la etapa fenológica de floración. Al cumplir los 188 días se cosecho las 60 plantas restantes en sobres de manila para evaluar el rendimiento.



Figura 8. Evaluación del efecto de los dos métodos de inoculación de cepas de *Trichoderma* sp en el crecimiento y rendimiento de quinua. A) Evaluación de altura de planta en la fase fenológica grano pastoso. B) Conteo de número de hojas fase fenológica grano pastoso. C) Evaluación de diámetro de tallo con vernier fase fenológica grano pastoso. D) Medición de longitud radicular fase fenológica inicio de floración, usando el programa ASSES. E) Peso fresco de biomasa aéreo de plantas de quinua. F) Peso seco de biomasa aérea de plantas de quinua G) Cosecha de plantas de quinua en sobres manila. G) Peso de semillas de quinua por panoja.

4.2.4. Evaluación del efecto de cepas de *Trichoderma* sp en la nutrición de plantas de quinua y características químicas del sustrato

Al cumplirse los 89 días, las 60 plantas sacrificadas se puso en sobres manila por planta con sus respectivos códigos y seguidamente se llevó al laboratorio de Fitopatología para realizar el peso de biomasa fresco de dichas plantas y posteriormente llevadas las muestra a la estufa con un una temperatura de 16°C para que dichas muestras sequen, para su respectivo análisis nutricional de nitrógeno, fosforo y potasio (NPK.) y para determinar las características químicas del sustrato, se realizó una muestra inicial y final del experimento, se tomó muestras de 1kg de sustrato suelo al cumplir los 188 días de evaluación, estas fueron llevadas al laboratorio de Aguas y suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica para su respectivo análisis nutricional (NPK.)



Figura 9. Evaluación del efecto de cepas de *Trichoderma* sp en la nutrición de plantas de quinua y características químicas del sustrato suelo. A) Plantas de quinua sacrificadas a los 89 días fase fenológica inicio de floración. B) Extracción de 1Kg de sustrato suelo por tratamiento. C) Adquisición de 12 muestras de sustrato suelo en bolsas de 14x15cm.

4.3. PARAMETROS EVALUADOS

4.3.1. Altura de planta

Se registró la altura desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, con ayuda de un flexómetro, se evaluó en cinco etapas; la primera etapa fue a los 68 días después de la siembra (inicio de panojamiento), la segunda evaluación fue a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración), tercera evaluación a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso), Cuarta evaluación a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso), la quinta evaluación a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica).

4.3.2. Número de hojas

Se realizó la cuantificación de las hojas, de cada uno de las unidades experimentales por tratamientos en cinco etapas; la primera etapa fue a los 68 días después de la siembra (inicio de panojamiento), la segunda evaluación fue a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración), tercera evaluación a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso), Cuarta evaluación a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso), la quinta evaluación a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica).

4.3.3. Diámetro de tallo

Se registró en (mm) en la parte basal del tallo con la ayuda de un Vernier digital a partir de 5cm para su respectiva medición se registró en cuatro etapas; la primera evaluación fue a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración), segunda evaluación a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso), tercera evaluación a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso), la cuarta evaluación a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica).

4.3.4. Longitud radicular

Se sacrificaron 60 plantas a los 89 días después de la siembra en (Inicio de floración), estas plantas se procedieron a lavar las raíces en un lavador con suficiente agua de pozo hasta separarlos restos de suelos de las raíces y seguidamente fueron llevadas al laboratorio de Fitopatología para realizar la toma fotográfica de las raíces en una bandeja de fondo negro con contenido de agua para posteriormente medir la longitud radicular en el programa ASSES: Image Analysis Software for Plant Disease Quantification (Evaluar : software de análisis de imágenes para la cuantificación de la enfermedad de plarit) (Lamari, 2002)

4.3.5. Biomasa

Con la ayuda de una balanza analítica se determinó el peso fresco (Pf) el mismo día que las plantas fueron sacrificadas, luego las muestras serán colocadas en un sobre manila y llevadas a la estufa por un tiempo de 3 días a 60°C para determinar el peso seco (Ps). Con los datos obtenidos se obtuvieron la tasa absoluta de biomasa en gramos.

4.3.6. Rendimiento de semillas de quinua

Al cumplir los 188 días (Madurez fisiológica) se cosecho en sobres de manila por tratamiento, en forma manual se procedió a desprender las semillas de cada panoja de quinua para su respectivo peso y así determinar el rendimiento o el índice de cosecha, se consideró el área del cultivo y peso de semilla se tomó una muestra y posteriormente se realiza un cálculo para estimar el peso en el total de la superficie a continuación se muestra una ecuación sencilla para calcular el rendimiento por Ha.

$$\frac{\text{Peso de semillas en el área del cultivo o rendimiento}}{\text{del cultivo o rendimiento}} = \frac{(\text{Área total})(\text{Peso de semilla en el área muestra})}{(\text{Área en el que se toma})}$$

4.3.7. Contenido de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en plantas de quinua

Para el análisis nutricional de plantas de quinua NPK (Nitrógeno, Fosforo, Potasio) las muestras fueron secadas en estufa por 3 días a 60°C luego fueron molidas por tratamiento en un molino. Finalmente fueron analizadas por el laboratorio de aguas y suelos.

4.3.8. Contenido de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en sustrato suelo

Para el sustrato suelo en cultivo de quinua las macetas que quedaron fueron mezclados y homogenizados por cada tratamiento, se recogió 1kg.de muestras de sustrato suelo por tratamiento en bolsas de 10 x 15cm, para la determinación de macro nutrientes de (NPK) lo cual se realizó en el laboratorio de aguas y suelos (EPIA).

4.4. DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño empleado en el presente estudio fue el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial de 2 x 5 (2 Métodos de inoculación x 5 cepas de *Trichoderma* sp) y con testigos por cada método haciendo un total de 12 tratamientos con cinco repeticiones siendo un total de 120 unidades experimentales, siendo un factor **A**: 2 métodos de inoculación y factor **B**: 5 cepas de *Trichoderma* sp, con los datos obtenidos se realizó el DCA y para la diferencia de medias se empleó la prueba de Duncan con nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Los datos fueron analizados utilizando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) versión 1.1, sin embargo para el experimento 2, los datos fueron analizados mediante una Estadística Descriptiva paramétrica. Por lo tanto su modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (A\beta)_{ij} + E_{ijk}; \forall i= 1,2,\dots, \mu \quad j= 1,2,\dots,b; k:= 1,2,\dots,r \text{ Ec. 6.5.2}$$

Donde:

μ = Media de la población en estudio

A_i = Efecto verdadero de i-esima nivel del factor A. 0.

$(A\beta)_{ij}$ = Efecto verdadero de la interacción del i-esima nivel del factor A con el j-esima nivel del factor B.

E_{ijk} = Efecto verdadero de la k-esima unidad experimental del factor R, sujetos a la ij-esima combinación de tratamientos.

4.5. OBSERVACIONES TOMADAS DURANTE EL EXPERIMENTO

4.5.1. Registro de temperatura del invernadero

Según el cuadro 5, se observa que la temperatura desde el mes de Enero al mes de Abril tiene una tendencia descendente, luego desde los últimos días del mes de Mayo hasta el mes de Junio tiene una tendencia descendente en la temperatura máxima. En la temperatura mínima permanece en forma constante; de igual forma con la temperatura media.

Cuadro 5. Registro de temperatura del invernadero.

| Mes | Mínima | Máxima | Media |
|----------|--------|--------|-------|
| Enero | 9.62 | 28.87 | 19.3 |
| Febrero | 9.35 | 29.9 | 19.62 |
| Marzo | 8.9 | 28.42 | 19.65 |
| Abril | 6.09 | 27.12 | 16.1 |
| Mayo | 4.8 | 29.9 | 17.8 |
| Junio | 4.3 | 20.5 | 14.6 |
| Promedio | 7.18 | 27.45 | 17.85 |

Fuente: Elaboración propia (2015).

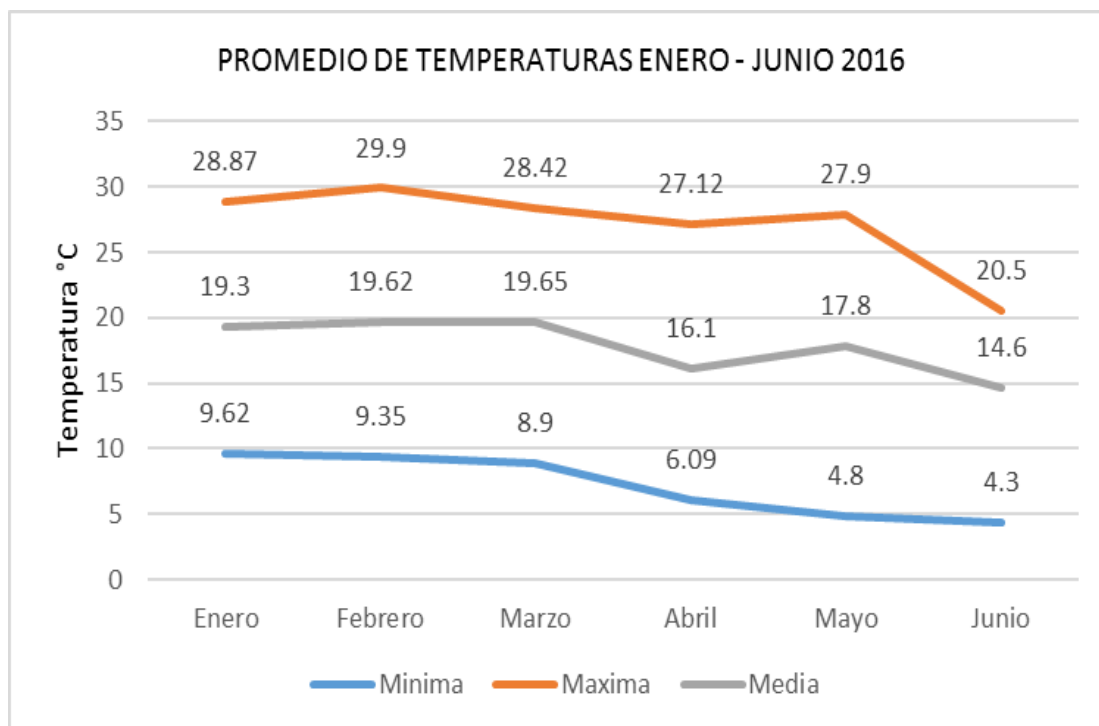


Figura 10. Temperatura registrada en invernadero de Programa de papas FCA - 2015

Siendo la temperatura máxima promedio mensual de 27.45°C, la temperatura mínima promedio mensual de 7.18 °C y la temperatura media promedio mensual de 17.85°C. Estas temperaturas serian optimas ya que lo manifestado por Hanan *et al* (1978), reportan que el crecimiento y desarrollo de los cultivos, el cual está influenciado por el clima, los niveles de temperatura que maximizan la producción se sitúan entre 16°C y 20°C para cualquier tipo de cultivo en general.

Agrobanco (2012), por otra parte, indica que, la presencia de veranillos (temperaturas de 35 °C) puede afectar los procesos fisiológicos de la planta y producir aborto de flores, muerte de estigmas y estambres, lo que imposibilita la formación de polen e impide la formación de grano. La quinua tolera ese nivel de temperatura, pero no prospera. La temperatura óptima está en el rango de 10 °C-20 °C con una oscilación térmica de 5 °C-7 °C.

4.5.2. Plagas y enfermedades

Se observó en el desarrollo del cultivo, con un ataque leve, de plagas y enfermedades que no influyeron en el desarrollo de las plantas.

- Se presentaron plagas tales como: la presencia de pájaros "Cogujada comun" (*Galerida Cristata*), palomas " Pecho naranja" (*Phrygilus punernsis*), y "pulgónes" *Myzus persicae*
- Se observadas la presencia del "Mildiu" (*Peronospora farinosa*), con presencia de manchas amarillas en el haz de las hojas y en el envés pelusillas de color blanco violáceo en el estado fenológico (Ramificación – inflorescencia), no siendo el daño severo el control no fue necesario.

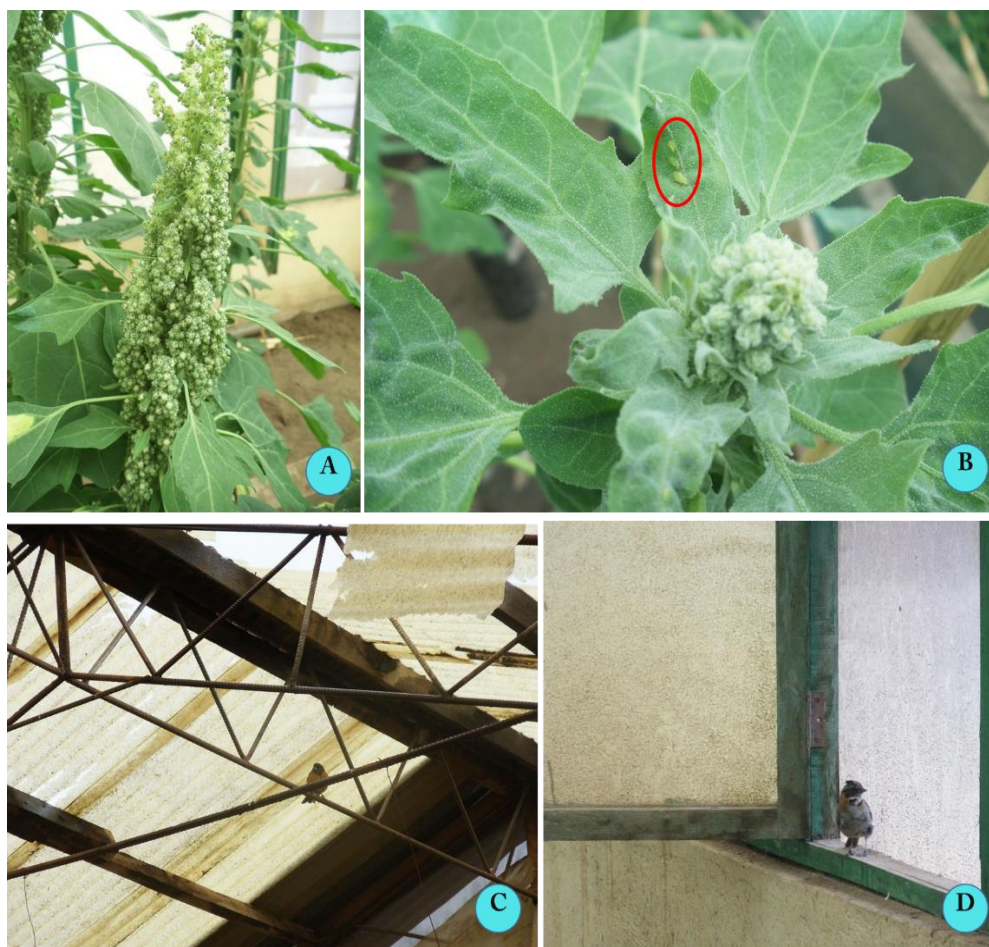


Figura 11. Observaciones. A) Panoja provocada por aves y mancha amarilla en hoja de quinua. B) Pulgones en hoja de quinua en la parte apical C) paloma " Pecho naranja" (*Phrygilus punernsis*). D) Pájaro "Cogujada comun" (*Galerida Cristata*).

4.6. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INVESTIGACIÓN

4.6.1. Ámbito de estudio

La presente investigación se realizó en el laboratorio fitopatología e invernadero de programa papa, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

4.6.2. Ubicación política

Región : Puno
Provincia : Puno
Distrito : Puno

4.6.3. Ubicación geográfica

Ubicación en coordenadas UTM son:

Este : 392746
Norte : 8244235
Altitud : 3 824 m.s.n.m.

4.6.4. Duración del proyecto

Fecha de inicio : 15 de setiembre del 2014
Fecha de finalización: 15 de setiembre del 2015
Duración : 12 meses

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. EFECTO DE LOS DOS MÉTODOS DE INOCULACIÓN DE CEPAS DE *Trichoderma* sp EN CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN QUINUA VAR. SALCEDO INIA

5.1.1. Altura de planta (Inicio de panoja, inicio de floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica)

El análisis de varianza (ANVA) para altura de planta (cuadro 6, 33, 34, 35, 36 y 37) nos muestra, que existe diferencia estadística altamente significativa entre los métodos de inoculación (Semilla peletizada y Via Drech suelo), para Métodos inoculación (I) en la 3ra, 4ta y 5ta evaluación, lo cual indica que hubo diferencias en altura de planta por efecto de los métodos de inoculación, mientras que en la 1ra y 2da evaluación no hubo diferencia significativa, lo cual indica que no hubo diferencias estadísticas en altura de planta, es decir se tuvieron alturas similares en cada evaluación mencionada. Para cepas de *Trichoderma* sp (C) hubo diferencias estadísticas altamente significativas en todas las evaluaciones, lo cual indican que se tuvo diferentes alturas de planta por cada evaluación por efecto de las distintas cepas de *Trichoderma* sp. No hubo diferencias estadísticas significativas en la interacción I x C en todas las evaluaciones, lo cual indica que los factores actúan de forma independiente sobre altura de planta en cada evaluación realizada. Los coeficientes de variación (CV) para cada evaluación son aceptables por cada evaluación realizada, ya que Vásquez (1990), indica que bajo invernadero se pueden tener CV hasta un 20%.

Cuadro 6. Análisis de varianza para altura de planta de quinua var. Salcedo INIA en 5 evaluaciones.

| Fuente de variación | Grados de libertad | 1ra eval. Inicio de panojamiento | 2da eval. Inicio de floración | 3ra eval. Grano lechoso | 4ta eval. Grano pastoso | 5ta eval. Madurez fisiológica |
|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Método de inoculación (I) | 1 | N.S. | N.S. | ** | ** | ** |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> sp (C) | 5 | ** | ** | ** | ** | ** |
| I x C | 5 | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |
| Error | 48 | | | | | |
| Total, correcto | 59 | | | | | |
| CV | | 10.23% | 10.56% | 10.56% | 8.67% | 8.67% |

N.S. = no significativo **= Altamente significativo *= Significativo
CV=Coeficiente de variabilidad.

En el (cuadro 7), se puede observar la prueba de Duncan para el factor Método de inoculación (I), el método semilla peletizada tuvo mayor altura de plantas en todas las evaluaciones alcanzando la altura máxima de 127.47 cm en la 5ta evaluación; mientras el método Vía Drench suelo tuvo menor altura de planta, alcanzando la altura máxima de 117.27 cm en la 5ta evaluación.

Cuadro 7. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación con significancia estadística.

| Orden de mérito | Método de inoculación | 3ra eval. Grano lechoso | | 4ta eval. Grano pastoso | | 5ta eval. Madurez fisiológica | |
|-----------------|--|-------------------------|---|-------------------------|---|-------------------------------|---|
| 1 | Semillas peletizada con cepas de <i>Trichoderma</i> sp | 124.17 | a | 127.17 | a | 127.47 | a |
| 2 | Vía Drench suelo con cepas de <i>Trichoderma</i> sp | 105.13 | b | 114.90 | b | 117.27 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el (cuadro 8), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para factor Cepas (C) de *Trichoderma* sp, en donde se observa que hubo diferencias en altura de planta por cada cepa de *Trichoderma* sp en cada evaluación realizada. En la 5ta evaluación se observa que la Cepa T.E.3, obtuvo la mayor altura de planta con

128.50 cm, seguido de la cepa T.E.126 con 123.00 cm, en último lugar se ubica el testigo que solo tuvo 110.10 cm de altura de planta, las cepas por orden de mérito en la 5ta evaluación del 1 al 5 estadísticamente son similares.

Cuadro 8. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* sp con significancia estadística

| Orden de mérito | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | 1ra eval. Inicio de panoja | | 2da eval. Inicio de floración | | 3ra eval. Grano lechoso | | 4ta eval. Grano pastoso | | 5ta eval. Madures fisiológica | |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| | | Medio | Letra | Medio | Letra | Medio | Letra | Medio | Letra | Medio | Letra |
| 1 | T.E.3 | 53.15 | a | 59.67 | a | 118.30 | a | 127.80 | a | 128.50 | a |
| 2 | T.E.126 | 52.40 | a | 60.20 | a | 118.10 | a | 121.70 | a | 123.00 | a |
| 3 | T.E.7 | 51.68 | a b | 59.01 | a | 115.00 | a | 126.10 | a | 127.50 | a |
| 4 | T.E.5 | 49.18 | a b | 58.53 | a | 117.10 | a | 122.40 | a | 125.60 | a |
| 5 | T.E.55 | 47.28 | b | 55.15 | a b | 117.10 | a | 120.20 | a | 122.70 | a |
| 6 | TEST. | 46.77 | b | 50.10 | b | 102.30 | b | 108.00 | b | 110.10 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la Figura 12, se puede observar que todos los tratamientos tuvieron una respuesta ascendente en crecimiento de planta. Pero, los tratamientos Via Drench suelo Cepa T.E.3 y Cepa T.E.7, tuvieron mayor respuesta en crecimiento de planta, alcanzando al altura máxima de 121.80 y 121.60 cm respectivamente, seguido de los tratamientos Cepa T.E.55, Cepa T.E.126 y Cepa T.E.5, con alturas de planta de 118.00, 117.80 y 117.40 cm respectivamente. El tratamiento testigo solo tuvo 107.00 cm de altura de planta en la 5ta evaluación.

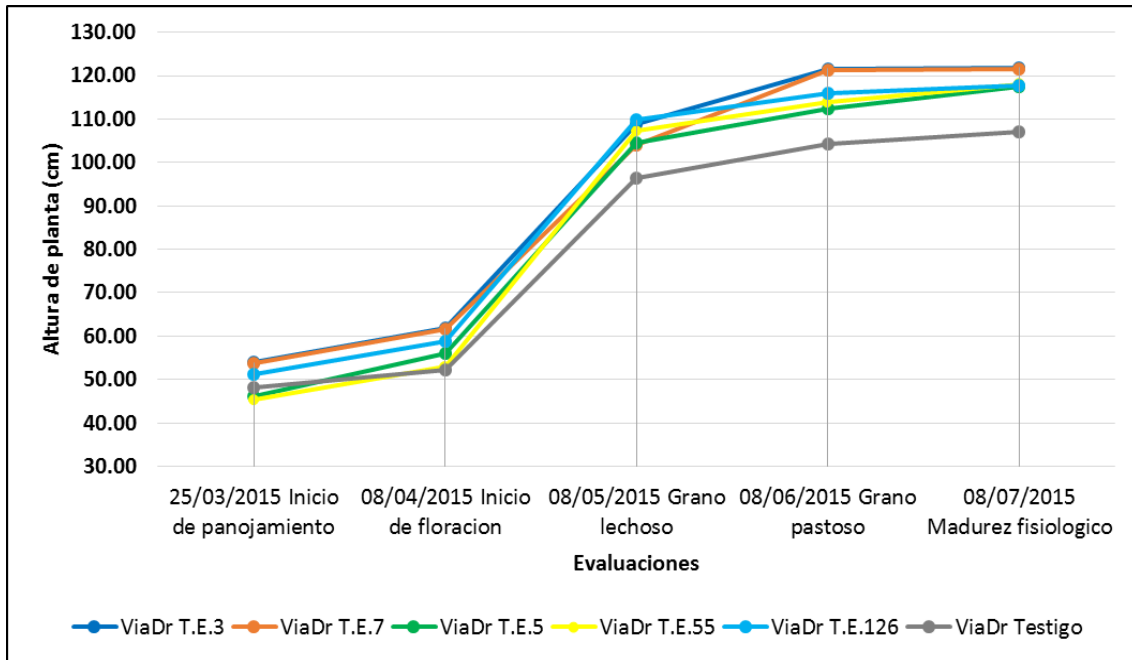


Figura 12. Altura de plantas por método Via Drench suelo (ViaDr.) con Cepas de *Trichoderma* sp.

En la Figura 13, se puede observar que todos los tratamientos tuvieron una respuesta ascendente en crecimiento de planta. Pero, los tratamientos Semilla peletizada Cepa T.E.3 tuvo mayor respuesta en crecimiento de planta, alcanzando a la altura máxima de 135.20 cm, seguido del tratamiento T.E.5, T.E.7, T.E.126 y T.E.55, con alturas de planta de 133.80, 133.40, 128.20 y 127.40 cm respectivamente. El tratamiento testigo solo tuvo 113.20 cm de altura de planta en la 5ta evaluación.

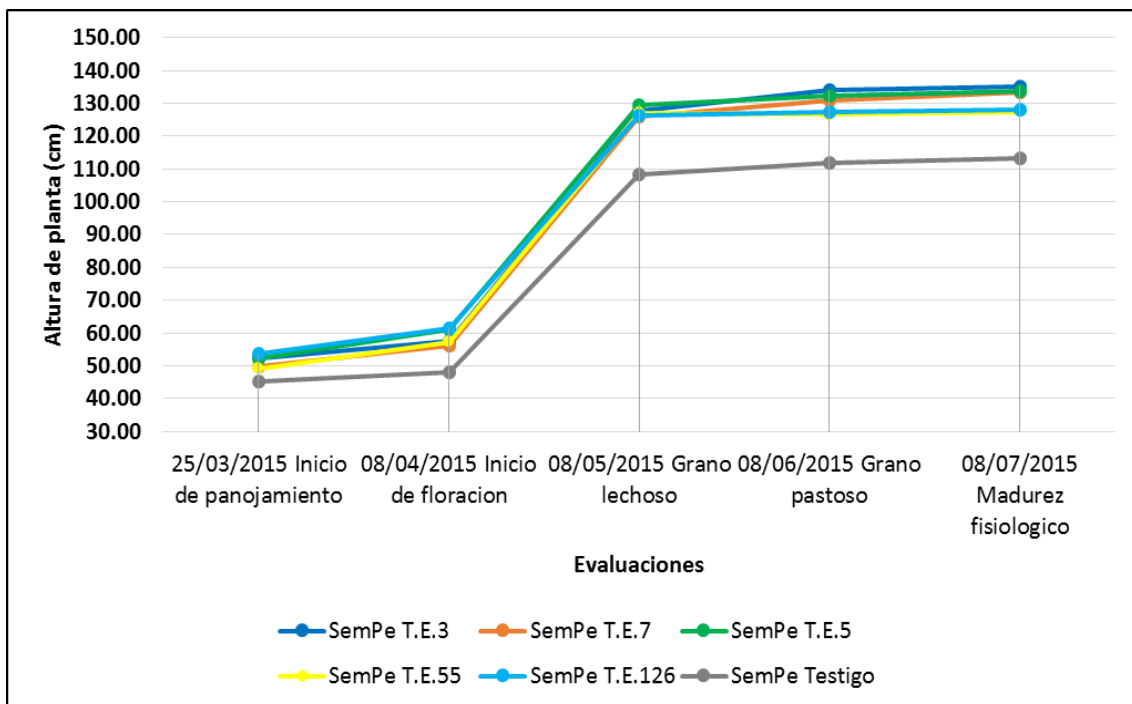


Figura 13. Altura de planta por método de Semilla peletizada (SemPe) con Cepas de *Trichoderma* sp.



Figura 14. Comparación de plantas de quinua var. Salcedo INIA con el testigo en dos fases fenológicas. A) Altura de plantas a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración). B) Altura de plantas de quinua a los 188 días después de la siembra (Madures fisiológica).

Al efectuar la prueba de comparación de medias de Duncan para factor de *Trichoderma* sp con significancia estadística en la 5ta evaluación (cuadro 8) se observa 6 rangos; en el rango “a” se ubicó el tratamiento T.E.3 con una medida de 128.50 cm con mayor altura; mientras que TEST (Testigo) obtuvo con 110.10 cm con la menor altura, en el rango “b”, los demás tratamientos se encuentran en orden intermedio resultados coinciden con los logros por Cubillos *et al.* (2008), el cual mencionan que al aplicar *Trichoderma Harzianum* como promotor de crecimiento vegetal de maracuyá (*Passiflora edulis*) Var. Flavicarpa Degener muestran resultados en longitud de tallo con 23.7cm a diferencia del testigo con 18.4cm, así mismo Erazo (2006) el cual menciona que al aplicar *T. Harzianum* este actúa primeramente como bioestimulante del crecimiento radicular, promueve el desarrollo de las raíces, debido a la secreción de fitohormonas; incrementando la masa radicular, permitiendo una mejor asimilación de

nutrientes y por ende una mayor altura; notándose el beneficio de la aplicación no solamente como antagonista natural de fitopatógenos del suelo, sino también estimulan el crecimiento del cultivo. por otro lado Infojardin *et al.*, (2008) señalan que *Trichoderma* ayuda a descomponer materia orgánica, reduce la incidencia de nematodos, controlando pudriciones de raíz y haciendo que los nutrientes se conviertan en forma disponible para la planta, estimula el crecimiento de los cultivos porque posee metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las plantas. Agosin *et al.*, (1999), señalan que *Trichoderma* produce sustancias estimuladoras de crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de estas, acelerando un desarrollo más rápido. Su efecto ha sido comprobado en clavel, crisantemo, tagetes, petunia, berenjena, arveja, pimienta, rábano, tabaco, tomate, lechuga, zanahoria, papa, algodón, frijol, pastos y ornamentales. Las semillas de pepino germinaron dos días antes que aquellas que no han sido inoculadas con el hongo. La floración de *Pervinca rosea*, aceleró el número de botones por planta. En crisantemo se incrementa también el número de botones, la altura y el peso de la planta son mayores que aquellas no tratadas. En plantas de frijol, se estimuló la germinación, presentando un aumento en la altura de las plantas entre 70 % y 80 %, y una ganancia en peso de un 60% aproximadamente.

5.1.2. Número de hojas

El análisis de varianza para número de hojas (cuadro: 9, 38, 39, 40, 41 y 42) nos muestra, que existe diferencia estadística altamente significativa para Métodos de inoculación (I) solo en la 3ra evaluación, lo cual indica que hubo diferencias en número de hojas por efecto de los métodos de inoculación, mientras que en la 1ra, 2da, 4ta y 5ta evaluación, no hubo diferencia significativa, lo cual indica que no hubo diferencias estadísticas en número de hojas, es decir se tuvieron cantidades similares de hojas en cada evaluación mencionada. Para Cepas de *Trichoderma* sp (C) hubo diferencias estadísticas altamente significativas en la 1ra, 2da y 5ta evaluación y diferencias significativas en la 3ra y 4ta evaluación, lo cual indican que se tuvo diferentes cantidades en número de hojas por cada evaluación por efecto de las distintas cepas de *Trichoderma* sp. No hubo diferencias estadísticas significativas en la interacción I x C en todas las evaluaciones, lo cual indica que los factores actúan de forma independiente sobre altura de planta en cada evaluación realizada. Los coeficientes de variación (CV)

para cada evaluación son aceptables por cada evaluación realizada, ya que Vásquez (1990), indica que bajo invernadero se pueden tener CV hasta un 20%.

Cuadro 9. Análisis de varianza para número de hojas de las 5 Evaluaciones realizadas.

| Fuente de variación | Grados de Fuente libertad | 1ra eval. Inicio de panojamiento | 2da eval. Inicio de floración | 3ra eval. Grano lechoso | 4ta eval. Grano pastoso | 5ta eval. Madurez fisiológico |
|------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Método de inoculación (I) | 1 | N. S. | N.S. | ** | N.S. | N.S. |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> sp (C) | 5 | ** | ** | * | * | ** |
| I x C | 5 | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |
| Error | 48 | | | | | |
| Total correcto | 59 | | | | | |
| CV | | 14.19% | 15.70% | 14.23% | 12.25% | 16.84% |

N.S. = no significativo **= Altamente significativo *= Significativo

CV=Coeficiente de variabilidad.

En el (cuadro 10), se puede observar la prueba de Duncan para el factor Métodos de inoculación (I), donde se observa que el método semilla peletizada tuvo la mayor cantidad de hojas con 111.57 hojas en promedio; mientras el método Vía Drench suelo tuvo menor cantidad con 99.43 hojas.

Cuadro 10. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación con significancia estadística sobre número de hojas.

| Orden de mérito | Método de inoculación | 3ra eval. Grano lechoso (Número de hojas) | |
|-----------------|--|---|---|
| 1 | Semillas peletizada con cepas de <i>Trichoderma</i> sp | 111.57 | a |
| 2 | Vía Drench suelo con cepas de <i>Trichoderma</i> sp | 99.43 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el (cuadro 11), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* sp (C), en donde se observa que hubo diferencias en número de hojas por cada cepa de y sp en cada evaluación realizada. En la 5ta evaluación se observa que la Cepa T.E.7, obtuvo la mayor cantidad con 115.60 hojas en

promedio, seguido de la cepa T.E.3 con 99.90 hojas en promedio, en último lugar se ubica el testigo que solo tuvo 87.00 hojas en promedio, las cepas por orden de mérito en la 5ta evaluación del 2 al 6 estadísticamente son similares.

Cuadro 11. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* con significancia estadística sobre número de hojas

| Orden de mérito | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | 1ra eval. Inicio de panoja (Nº de hojas) | | 2da eval. Inicio de floración (Nº de hojas) | | 3ra eval. Grano lechoso (Nº de hojas) | | 4ta eval. Grano pastoso (Nº de hojas) | | 5ta eval. Madurez fisiológica (Nº de hojas) | |
|-----------------|--------------------------------|--|-------|---|-----|---------------------------------------|-----|---------------------------------------|-------|---|---|
| | | | | | | | | | | | |
| 1 | T.E.7 | 40.40 | a | 51.80 | a | 112.70 | a | 110.80 | a b | 115.60 | a |
| 2 | T.E.3 | 39.10 | a b | 46.80 | a b | 111.50 | a | 106.80 | a b c | 99.90 | b |
| 3 | T.E.55 | 35.70 | a b c | 44.30 | b c | 107.60 | a | 113.10 | a | 98.00 | b |
| 4 | T.E.126 | 35.20 | b c | 46.20 | a b | 105.80 | a b | 99.70 | b c | 94.50 | b |
| 5 | T.E.5 | 34.40 | b c | 47.80 | a b | 103.40 | a b | 101.40 | a b c | 93.50 | b |
| 6 | TEST | 31.10 | c | 38.00 | c | 92.00 | b | 96.90 | c | 87.00 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la (Figura 15), se puede observar que todos los tratamientos tuvieron una respuesta diferente en número de hojas por cada evaluación. En la tercera evaluación todos tuvieron una tendencia positiva en número de hojas, donde los tratamientos Via Drench suelo Cepa T.E.3 y T.E.7 tuvieron mayor respuesta en número de hojas, alcanzando la cantidad máxima de 110.00 y 108.80 hojas en promedio; seguido de los tratamientos T.E.5, T.E.126, y T.E.55 con 98.40, 95.60, y 93.60 hojas respectivamente, el testigo solo tuvo 90.20 hojas en promedio. En la cuarta y quinta evaluación hubo diferencias en cantidad de hojas debido a que la planta al madurar deja caer las hojas inferiores, lo cual indica que el número de hojas va disminuyendo, siendo así, en la 5ta evaluación el tratamiento T.E.7 tuvo la mayor cantidad de hojas con 125.40 hojas en promedio, seguido de los tratamientos T.E.55, T.E.5, T.E.3 y T.E.126 con cantidades de 94.80, 93.40, 89.60 y 89.40 hojas respectivamente. El tratamiento testigo solo tuvo 83.00 hojas en promedio en la 5ta evaluación.

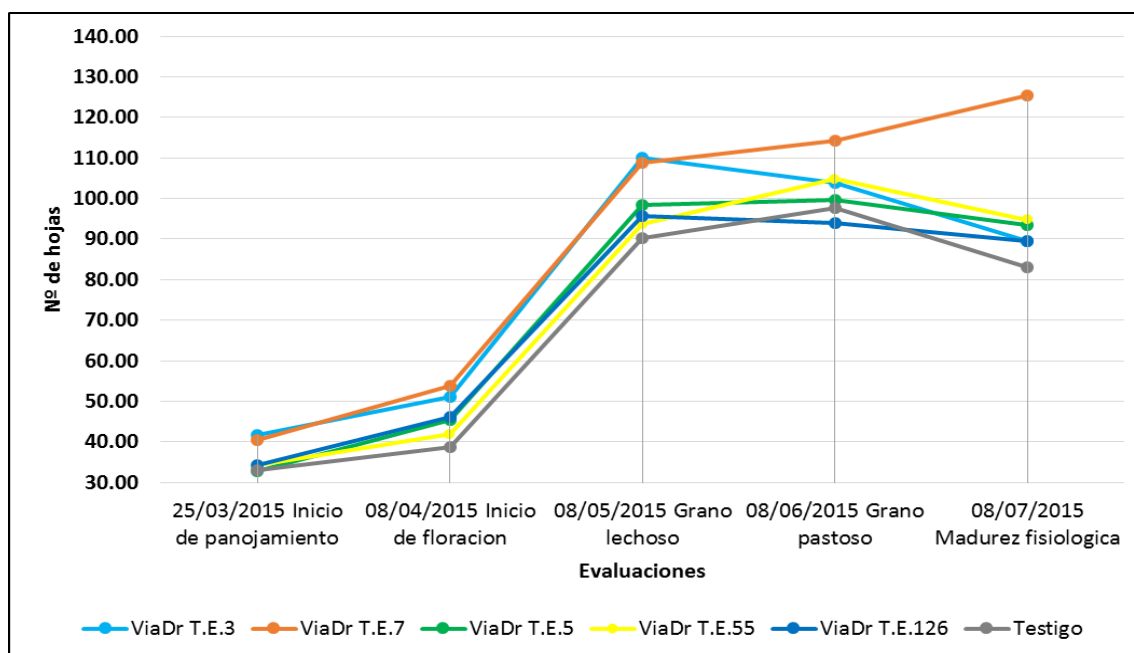


Figura 15. Número de hojas por método de Via Drench suelo (ViaDr.) con Cepas de *Trichoderma* sp.

En (la Figura 16), se puede observar que todos los tratamientos tuvieron una respuesta diferente en número de hojas por cada evaluación. En la tercera evaluación todos tuvieron una tendencia positiva en número de hojas, donde los tratamientos semilla peletizada Cepa T.E.55 tuvo mayor respuesta en número de hojas, alcanzando la cantidad máxima de 121.60 hojas en promedio; seguido de los tratamientos T.E.7, T.E.126, T.E.3 y T.E.5 con 116.60, 116.00, 113.00 y 108.40 hojas respectivamente, el testigo solo tuvo 93.80 hojas en promedio. En la cuarta y quinta evaluación hubo diferencias en cantidad de hojas debido a que la planta al madurar deja caer las hojas inferiores, lo cual indica que el número de hojas va disminuyendo, siendo así, en la 5ta evaluación el tratamiento T.E.7 tuvo la mayor cantidad de hojas con 105.80 hojas en promedio, seguido de los tratamientos T.E.55, T.E.126, T.E. 5 y T.E.3 con cantidades de 101.20, 99.60, 93.60, 92.20 hojas respectivamente. El tratamiento testigo solo tuvo 91.00 hojas en promedio en la 5ta evaluación.

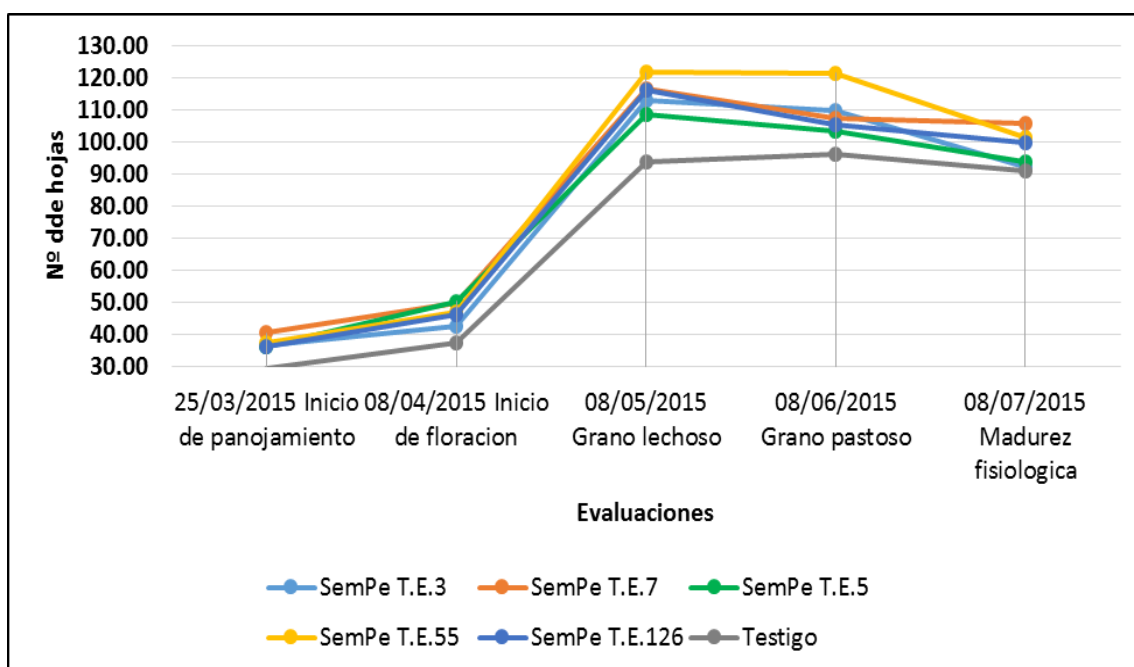


Figura 16. Número de hojas por método semillas pelitizada (SemPe) con Cepas de *Trichoderma* sp.

Al efectuar la prueba de comparación de medias de Duncan para factor de cepas de *Trichoderma* sp con significancia estadística sobre número de hojas en la 5ta evaluación en el (cuadro 11), se observa 6 rangos; en el rango “a” se ubicó el tratamiento T.E.7 (*Trichoderma*) con una medida de 115.60 cm con mayor número de hojas; mientras que TEST. (Testigo) obtuvo con 87.00 con menor número de hojas, en el rango “b”, los demás tratamientos se encuentran en orden intermedio, estos datos concuerdan con los obtenidos por Dandurand y Knudsen, (1993), han señalado incrementos en el crecimiento de plántulas inoculadas con *T. harzianum*. Por ejemplo, el aumento de la biomasa de plantas de frijol, así mismo Altomare *et al.*, (1999); Valencia *et al.*, (2005) quienes manifiestan la producción de factores de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas) por *T. harzianum*, los cuales son liberados al medio y estimulan la germinación y los desarrollos de las plantas por otro lado Santana (2003), quien manifiesta, que los tratamientos en que se aplicó *Trichoderma*, el número de hojas obtuvieron diferencias significativas con respecto a los testigos, observándose un efecto bioestimulador de este hongo, desde la etapa de germinación y hasta la etapa de desarrollo y crecimiento de la planta.

5.1.3. Diámetro del tallo

Análisis de varianza para número de hojas (cuadro: 12, 43, 44, 45 y 46) nos muestra, que existe diferencia estadística altamente significativa para Método de inoculación (I) desde la segunda hasta la cuarta evaluación, lo cual indica que hubo diferencias en diámetro de tallo por efecto de los métodos de inoculación; no hubo diferencias estadísticas en la primera evaluación. Para Cepas de *Trichoderma* (C) hubo diferencias estadísticas altamente significativas desde la segunda hasta la cuarta evaluación, lo cual indican que se tuvo diferentes diámetros de tallo por cada evaluación por efecto de las distintas cepas de *Trichoderma*; no hubo diferencias estadísticas en la primera evaluación. No hubo diferencias estadísticas significativas en la interacción I x C en todas las evaluaciones, lo cual indica que los factores actúan de forma independiente sobre diámetro de tallo en cada evaluación realizada. Los coeficientes de variación (CV) para cada evaluación son aceptables por cada evaluación realizada, ya que Vásquez (1990), indica que bajo invernadero se pueden tener CV hasta un 20%.

Cuadro 12. Análisis de varianza para diámetro de tallo de las 4 evaluaciones realizadas.

| Fuente de variación | Grados de libertad | 1ra.eval. Inicio de floración (mm) | 2da eval. Grano lechoso (mm) | 3ra eval. Grano pastoso (mm) | 4ta eval. Madurez fisiológico (mm) |
|---------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Método de inoculación (I) | 1 | N.S. | ** | ** | ** |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | N.S. | ** | ** | ** |
| I x C | 5 | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |
| Error | 48 | | | | |
| Total correcto | 59 | | | | |
| CV | | 11.41% | 8.03% | 7.03% | 6.62% |

N.S. = no significativo **= Altamente significativo *= Significativo
CV=Coefficiente de variabilidad.

En el (cuadro13), se puede observar la prueba de Duncan para el factor Métodos de inoculación (I), en donde se observa que el método semilla peletizada tuvo mayor diámetro de tallo, en todas las evaluaciones, alcanzando el diámetro máximo de 9.62

mm en promedio; mientras el método Vía Drench suelo tuvo menor diámetro de tallo con 9.03 mm en promedio en la cuarta evaluación.

Cuadro 13. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación con significancia estadística sobre diámetro de tallo.

| Orden de mérito | Método de inoculación | 2da eval.(mm) | | 3ra eval.(mm) | | 4ta eval.(mm) | |
|-----------------|-----------------------|---------------------|---|---------------|---|---------------------|---|
| | | Inicio de floración | | Grano lechoso | | Madurez fisiológico | |
| 1 | Semilla peletizada | 9.35 | a | 9.56 | a | 9.62 | a |
| 2 | Via Drench suelo | 8.69 | b | 8.93 | b | 9.03 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el (cuadro 14), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para factor cepas de *Trichoderma* (C), en donde se observa que hubo diferencias en diámetro de tallo por cada cepa de *Trichoderma* en cada evaluación realizada. En la 4ta evaluación se observa que la cepa T.E.7, obtuvo el mayor diámetro de tallo con 9.87 mm en promedio, seguido de la cepa T.E.126 con 9.64 mm en promedio, en último lugar se ubica el testigo que solo tuvo 8.54 mm en promedio, las cepas por orden de mérito en la 4ta evaluación del 1 al 4 estadísticamente son similares.

Cuadro 14. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* con significancia estadística sobre diámetro de tallo.

| Orden de mérito | Cepas de <i>Trichoderma</i> | 2da eval. | | 3ra eval. | | 4ta eval. | |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------|-----|--------------------|-----|--------------------------|-----|
| | | Inicio de floración (mm) | | Grano lechoso (mm) | | Madurez fisiológico (mm) | |
| 1 | T.E.7 | 9.56 | a | 9.77 | a | 9.87 | a |
| 2 | T.E.126 | 9.39 | a b | 9.57 | a b | 9.64 | a |
| 3 | T.E.3 | 9.35 | a b | 9.64 | a | 9.67 | a |
| 4 | T.E.5 | 8.99 | a b | 9.18 | a b | 9.29 | ab |
| 5 | T.E.55 | 8.70 | b c | 8.97 | b | 8.97 | b c |
| 6 | TEST | 8.16 | c | 8.35 | c | 8.54 | c |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la (Figura: 17), se puede observar que todos los tratamientos tuvieron una respuesta diferente en diámetro de tallo por cada evaluación. En la cuarta evaluación hubo diferencias en diámetro de tallo, en donde el tratamiento Via Drench suelo Cepa T.E.3 tuvo el mayor diámetro de tallo con 9.54 mm en promedio, seguido de los tratamientos T.E.7, T.E.126, T.E.5 y T.E.55 con diámetro de 9.42, 9.19, 9.02, y 8.61 mm respectivamente. El tratamiento testigo solo tuvo 8.43 mm en promedio de diámetro de tallo en la 4ta evaluación.

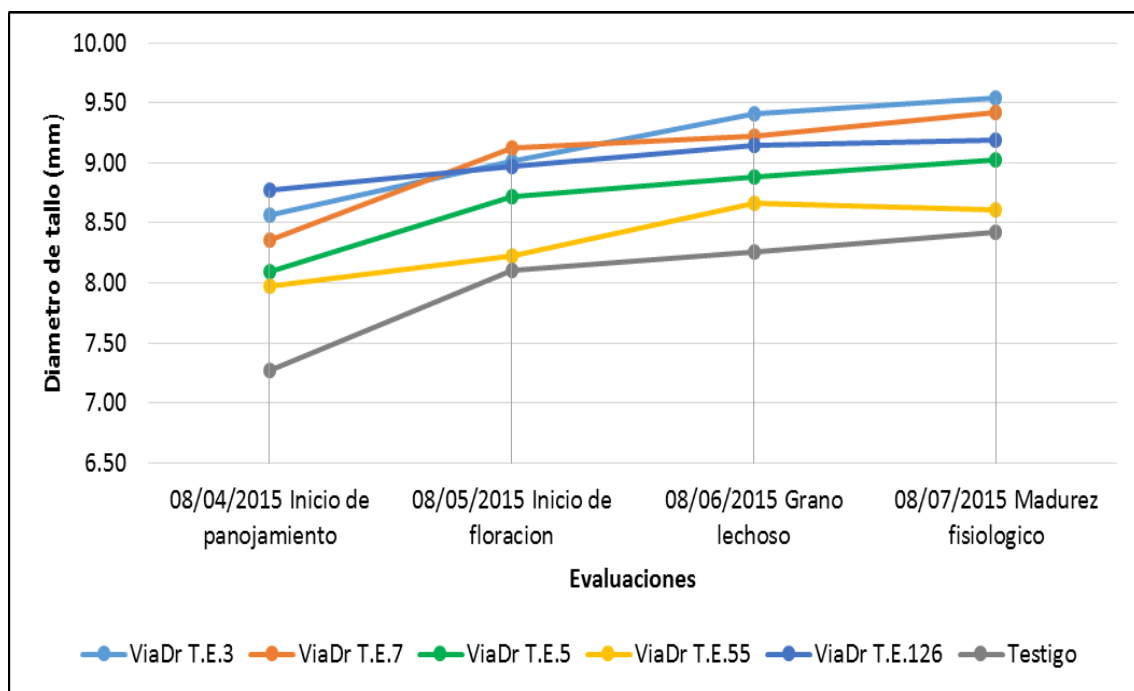


Figura 17. Diámetro de tallo por método Via Drench suelo (Via Dr) con Cepas de *Trichoderma* sp.

En la (Figura: 18), se puede observar que todos los tratamientos tuvieron una respuesta diferente en diámetro de tallo por cada evaluación. En la 4ta evaluación hubo diferencias en diámetro de tallo, en donde el tratamiento Semilla pelletizada Cepa T.E.7 tuvo el mayor diámetro de tallo con 10.32 mm en promedio, seguido de los tratamientos T.E.126, T.E.3, T.E.5 y T.E.55 con diámetros de 10.08, 9.80, 9.56, y 9.33 mm respectivamente. El tratamiento testigo solo tuvo 8.65 mm en promedio de diámetro de tallo en la 4ta evaluación.

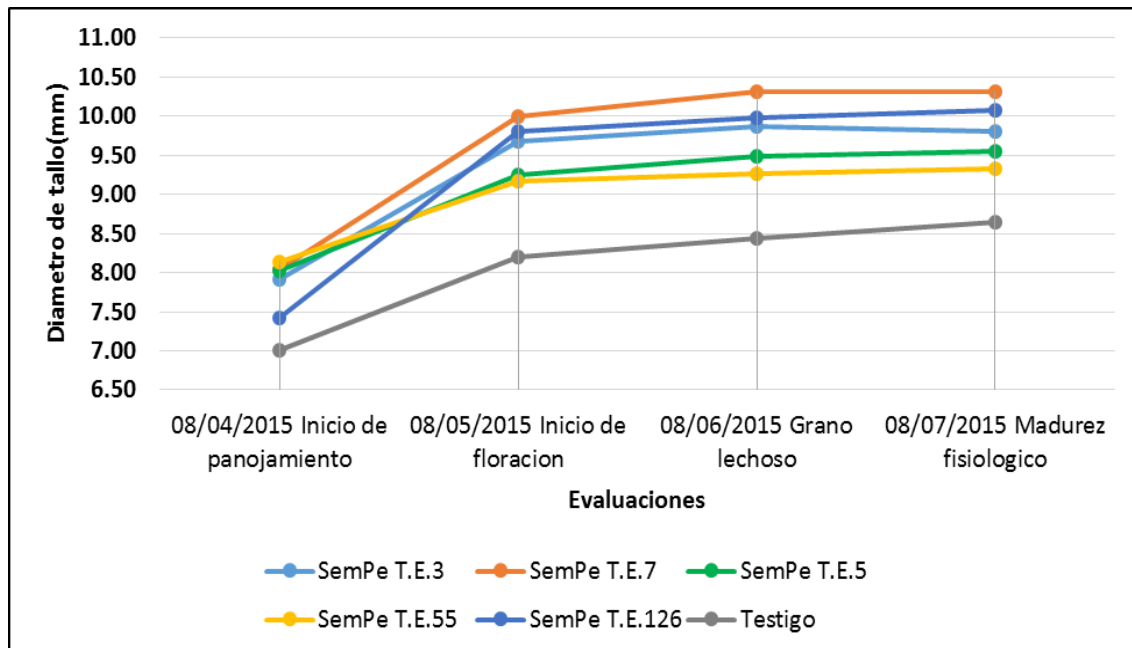


Figura 18. Diámetro de tallo por método semilla peletizada con Cepas de *Trichoderma* T.E= *Trichoderma*.

Al efectuar la prueba de comparación de medias de Duncan para factor de *Trichoderma* sp con significancia estadística diámetro de tallo en la 4ta evaluación (Cuadro 14), se observa 6 rangos; en el rango “a” se ubicó el tratamiento T.E.7 (*Trichoderma*) con una medida de 9.87 mm con mayor diámetro; mientras que TEST. (Testigo) obtuvo 8.54 con el menor diámetro, en el rango “c”, los demás tratamientos se encuentran en orden intermedio resultados coinciden con Mesa *et al.*, (2006) mencionan que en el cultivo de la fruta bomba variedad Maradol Roja en condiciones de vivero, al aplicar la cepa A-34 de *T. harzianum* en formulaciones líquidas y sólidas a la semilla y cinco aplicaciones posteriores al sustrato, logrando incrementos de la altura de la planta y el diámetro del tallo, influyendo en la disminución del tiempo de permanencia de las posturas en él vivero.

Así mismo Cubillos *et.al.*, (2008), el cual mencionan que al aplicar *Trichoderma Harzianum* como promotor de crecimiento vegetal de maracuyá (*Passiflora edulis*) Var. Flavicarpa Degener muestran resultados en longitud de tallo con 23.7cm a diferencia del testigo con 18.4cm. por otro lado la utilización de *Trichoderma* spp. En la agricultura tiene algunas ventajas: colonización de la rizosfera estableciéndose rápidamente en las comunidades microbianas de la misma, control de la microflora patogénica y competitividad por diversos mecanismos, favoreciendo la salud de la planta y

estimulando el crecimiento radicular (vinale *et.al.*, 2008) Por otro lado muchas cepas de *Trichoderma* spp. son utilizadas para controlar algunas malezas y como agente biorremediadores disminuyendo la contaminación del suelo (Verma *et al.*,2007)

5.1.4. Longitud radicular

El análisis de varianza para longitud de raíces (cuadro 15 y 47), nos muestra, que existe diferencia estadística altamente significativa para Métodos de inoculación (I), lo cual indica que hubo diferencias en longitud de raíces por efecto de los métodos de inoculación. Para Cepas de *Trichoderma* sp (C) hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual también indica que se tuvo diferentes en longitud de raíces por efecto de las distintas cepas de *Trichoderma* sp. Además, hubo diferencias estadísticas altamente significativas en la interacción I x C, lo cual indica que los factores actúan de forma dependiente sobre longitud de raíces en la evaluación realizada. El coeficiente de variación (CV) igual a 3.40% es aceptable, ya que Vásquez (1990), indica que bajo invernadero se pueden tener CV hasta un 20%.

Cuadro 15. Análisis de varianza para longitud de raíces.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig | Pr > F |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------|---------|---------|-----|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 453.475042 | 453.475042 | 220.96 | 4.04 | 7.1 9 | ** | <.0001 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> sp (C) | 5 | 2246.282348 | 449.256470 | 218.90 | 2.41 | 3.4 3 | ** | <.0001 |
| I x C | 5 | 211.724508 | 42.344902 | 20.63 | 2.41 | 3.4 3 | ** | <.0001 |
| Error | 48 | 98.510800 | 2.052308 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 3009.992698 | | | | | | |

CV=3.40% Prom. gral.=42.12 cm

N.S. = no significativo **= Altamente significativo *= Significativo
CV=Coeficiente de variabilidad.

En el (cuadro 16), se puede observar la prueba de Duncan para el factor Métodos de inoculación (I), el método de peletización tuvo la mayor longitud de raíces, alcanzando la longitud de 44.86 cm en promedio; mientras el método Vía Drench suelo tuvo menor longitud de raíces con 39.37cm en promedio.

Cuadro 16. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre longitud de raíces.

| Orden de mérito | Método de inoculación | Promedio de longitud de raíz (cm) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|---|-----------------------------------|------------------|
| 1 | Semilla peletizada con cepas de <i>Trichoderma</i> sp | 44.86 | a |
| 2 | Via Drench suelo con cepas de <i>Trichoderma</i> sp | 39.37 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el (cuadro 17), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* sp (C), en donde se observa que hubo diferencias en longitud de raíces por cada cepa de *Trichoderma* sp en la evaluación realizada. En donde se observa que la Cepa T.E.7, obtuvo la mayor longitud de raíces con 48.31 cm en promedio, seguido de las cepas T.E.5 y T.E.126 con longitudes de raíces de 46.07 y 45.38 cm en promedio respectivamente, en último lugar se ubica el testigo que solo tuvo 29.67 cm de longitud de raíces en promedio.

Cuadro 17. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* sp con significancia estadística sobre Longitud radicular.

| Orden de mérito | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Promedio de longitud de raíz (cm) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| 1 | T.E.7 | 48.31 | a |
| 2 | T.E.5 | 46.07 | b |
| 3 | T.E.126 | 45.38 | b |
| 4 | T.E.55 | 43.16 | c |
| 5 | T.E.3 | 40.10 | d |
| 6 | TEST | 29.67 | e |

T.E=*Trichoderma* .Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).



Figura 19. Comparación de raíces a los 4 meses de edad fase fenológica inicio de floración con monedas respectivas para la calibración en el programa ASSES.

En la (Figura 20), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción del factor Método de inoculación (I) x factor Cepas de *Trichoderma* sp (C), en donde se observa que hubo diferencias en longitud de raíces por cada interacción. En donde se observa que la interacción conformada por Semilla peletizada Cepa T.E.7, obtuvo la mayor longitud de raíces con 52.71 cm en promedio, seguido de la interacción conformada por Semilla peletizada Cepa T.E. 126 con longitud de raíz de 51.47 cm en promedio, los cuales estadísticamente son similares y superiores a las demás interacciones. En último lugar se ubican los testigos de semilla peletizada y Via Drench suelo que solo tuvieron 31.62 y 27.72 cm de longitud de raíces en promedio respectivamente.

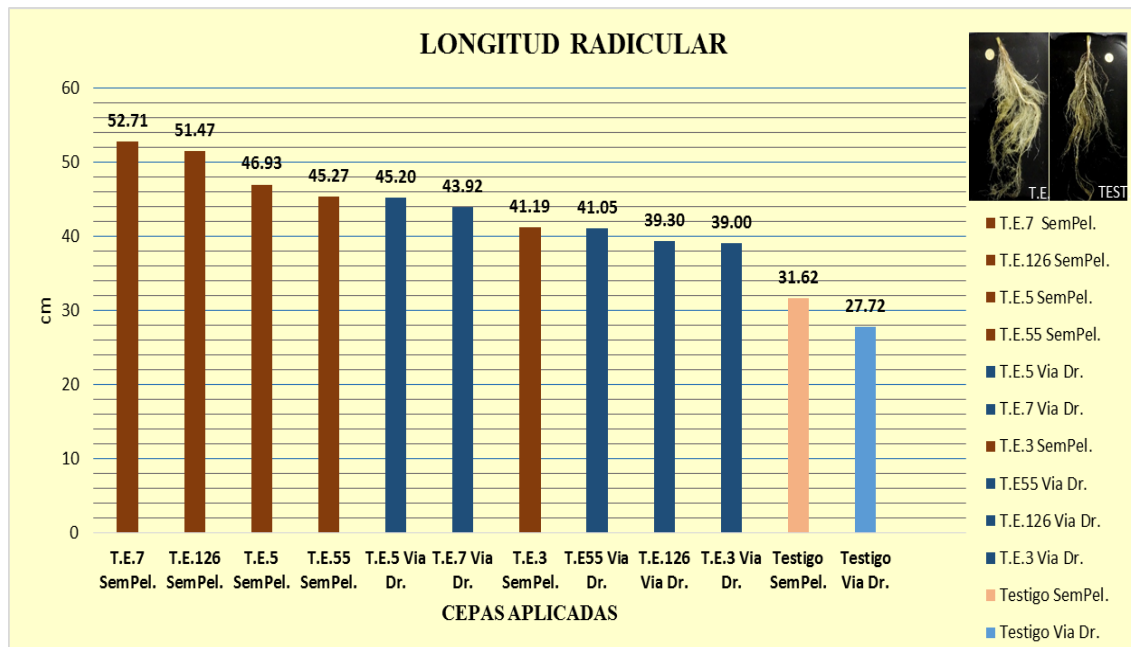


Figura 20. Longitud radicular con Cepas de *Trichoderma* sp.

T.E=*Trichoderma* SemPel. =Semilla peletizada Via Dr suelo = Via drench TEST. = Testigo

5.1.5. Biomasa

5.1.5.1. Biomasa fresca aérea de plantas de quinua

El análisis de varianza para longitud de raíces (cuadro: 18 y 49) nos muestra, que existe diferencia estadística altamente significativa para Método de inoculación (I), lo cual indica que hubo diferencias en peso biomasa aérea de la planta de quinua por efecto de los métodos de inoculación. Para Cepas de *Trichoderma* (C) hubo diferencias

estadísticas significativas, lo cual también indica que se tuvo diferentes pesos de biomasa área de las plantas de quinua por efecto de las distintas cepas de *Trichoderma* sp no hubo diferencias estadísticas significativas en la interacción I x C, lo cual indica que los factores actúan de forma independiente sobre el peso fresco de la parte área de la planta de quinua. El coeficiente de variación (CV) igual a 15.41% es aceptable, ya que Vásquez (1990), indica que bajo invernadero se pueden tener CV hasta un 20%.

Cuadro 18. Análisis de varianza de biomasa fresca aérea de plantas de quinua.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|---------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 1261.287650 | 1261.287650 | 10.60 | 4.04 | 7.19 | ** | 0.00021 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> sp (C) | 5 | 2529.178340 | 505.835668 | 4.25 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0028 |
| I x C | 5 | 768.731391 | 153.746278 | 1.29 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.2832 |
| Error | 48 | 5713.86694 | 119.03889 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 10273.06432 | | | | | | |

CV=15.41% Prom. gral.=70.782
 N.S. = no significativo **= Altamente significativo *= Significativo
 CV=Coficiente de variabilidad.

En el (cuadro: 19), se puede observar la prueba de Duncan para el factor Métodos de inoculación (I), donde el método semilla peletizada tuvo el mayor peso de biomasa aérea de la planta de quinua, alcanzando un peso de 75.367 g en promedio; mientras el método Vía Drench suelo tuvo menor peso fresco con 66.197g en promedio.

Cuadro 19. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre biomasa fresca aérea de planta de quinua.

| Orden de mérito | Método de inoculación | Peso de biomasa aérea por planta de quinua (g) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------------|--|-------------|
| 1 | Semilla peletizada | 75.367 | a |
| 2 | Vía Drench suelo | 66.197 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa (p ≤ 0.05).

En el (cuadro: 20), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* (C), en donde se observa que la cepa de *Trichoderma* T.E.5 tuvo mayor peso con 79.312g, seguido de las cepas de *Trichodermas* T.E.3, T.E.126, T.E.7 y T.E.55 con pesos de 74.148, 72.482, 71.904 y 68.730 g en promedio respectivamente, los cuales estadísticamente son similares entre sí pero superiores al testigo que solo tuvo 58.114 g.

Cuadro 20. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* sp sobre peso fresco de biomasa aérea de planta de quinua.

| Orden de mérito | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Peso de biomasa aérea por planta de quinua (g) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|--------------------------------|--|------------------|
| 1 | T.E.5 | 79.312 | a |
| 2 | T.E.3 | 74.148 | a |
| 3 | T.E.126 | 72.482 | a |
| 4 | T.E.7 | 71.904 | a |
| 5 | T.E.55 | 68.730 | a |
| 6 | Testigo | 58.114 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).



Figura 21. Comparación de plantas de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

En la (Figura:22), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción del factor Método de inoculación (I) x factor Cepas de *Trichoderma* (C), en donde se observa que no hubo diferencias en peso de biomasa fresco de la parte aérea de la planta de quinua por cada interacción. Pero si hubo diferencia numérica, donde se observa que las interacciones conformadas por Semilla peletizada Cepa T.E.5 y T.E.126 obtuvieron el mayor peso con 84.32 y 82.82g en promedio respectivamente; seguido de la interacción conformada por Cepa T.E.7 con 78.89 g y Via Drench suelo Cepa T.E.3 con 74.39 g en promedio respectivamente. Por último, se ubica interacciones conformadas por Semilla peletizada Testigo con 58.8 g y Via Drench suelo Testigo con 57.34 g en promedio respectivamente.

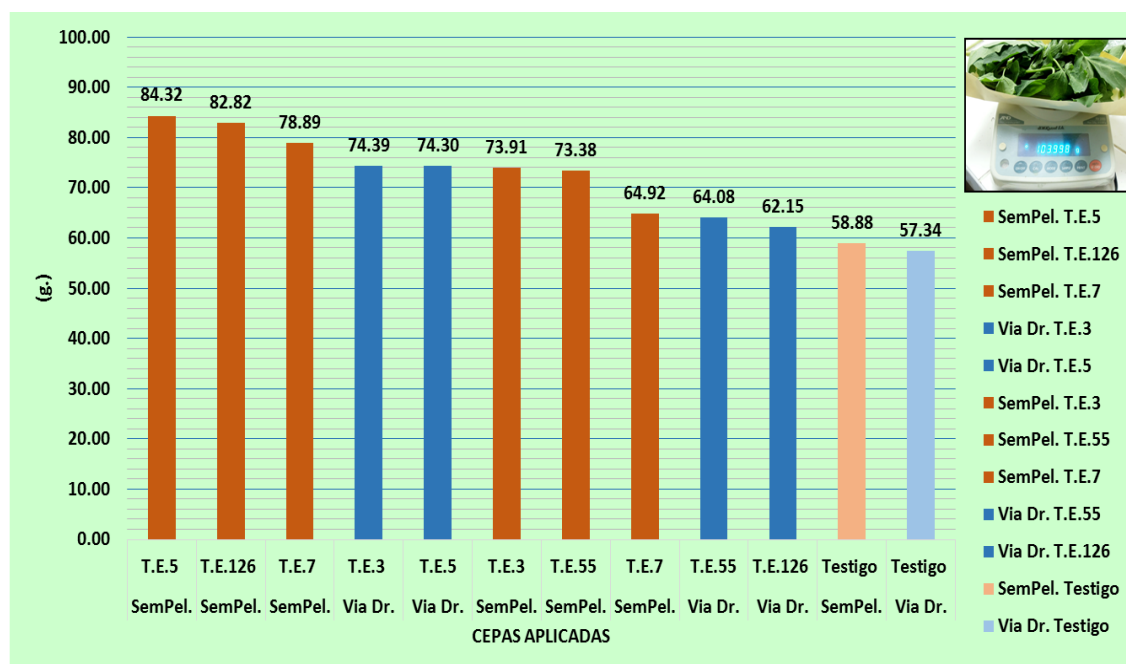


Figura 22. Métodos de inoculación con Cepas de *Trichoderma* sp

T.E.= *Trichoderma* SemPel =Semilla peletizada ViaDr.suelo =Via Drech

5.1.5.2. Peso fresco de biomasa radicular de las plantas de quinua

El análisis de varianza para longitud de raíces (cuadro: 21 y 48), nos muestra, que existe diferencia estadística altamente significativa para Método de inoculación (I), lo cual indica que hubo diferencias en peso de biomasa radicular fresca de la planta de quinua por efecto de los métodos de inoculación. Para Cepas de *Trichoderma* (C) hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual también indica que se tuvo diferente peso de biomasa fresca en la raíz de la planta de quinua por efecto de las distintas cepas de *Trichoderma*. Además, hubo diferencias estadísticas altamente significativas en la interacción I x C, lo cual indica que los factores actúan de forma dependiente sobre peso fresco de la raíz de la planta de quinua en la evaluación realizada. El coeficiente de variación (CV) igual a 14.39% es aceptable, ya que Vásquez (1990), indica que bajo invernadero se pueden tener CV hasta un 20%.

Cuadro 21. Análisis de varianza para peso fresco de biomasa radicular de plantas de quinua.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 11.95191402 | 11.95191402 | 16.47 | 4.04 | 7.19 | ** | 0.0002 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> sp (C) | 5 | 67.14364775 | 13.42872955 | 18.51 | 2.41 | 3.43 | ** | <.0001 |
| I x C | 5 | 34.32089228 | 6.86417846 | 9.46 | 2.41 | 3.43 | ** | <.0001 |
| Error | 48 | 34.8263996 | 0.7255500 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 148.2428537 | | | | | | |

CV=14.39%

Prom. gral.=5.918 cm

N.S. = no significativo **= Altamente significativo *= Significativo

CV=Coeficiente de variabilidad.

En el (cuadro 22), se puede observar la prueba de Duncan para el factor Método de inoculación (I), en donde se observa que la semilla inoculada tuvo mayor peso de biomasa radicular fresca, alcanzando 6.364 g en promedio; mientras el método Vía Drench suelo tuvo menor peso de biomasa radicular fresco con 5.472 g en promedio.

Cuadro 22. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre peso fresco de biomasa radicular de planta de quinua.

| Orden de mérito | Método de inoculación | Peso de biomasa radicular de la planta de quinua (g) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------------|--|-------------|
| 1 | Semilla peletizada | 6.364 | a |
| 2 | Vía Drench suelo | 5.472 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el (cuadro: 23), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* (C), en donde se observa que hubo diferencias en peso de biomasa radicular fresca en la planta de quinua por cada cepa de *Trichoderma* en la evaluación realizada. En donde se observa que la Cepa T.E.126, obtuvo el mayor peso de biomasa radicular fresco con 7.831 g en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás cepas; seguido de las cepas T.E.5 y T.E.55 con pesos de 6.046 y

5.962 g en promedio respectivamente, en último lugar se ubica el testigo que solo tuvo 4.197 g en promedio de peso de biomasa radicular fresco.

Cuadro 23. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* sobre peso fresco de biomasa radicular de la planta de quinua.

| Orden de mérito | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Peso de biomasa radicular de la planta de quinua (g) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|--------------------------------|--|------------------|
| 1 | T.E.126 | 7.832 | a |
| 2 | T.E.5 | 6.046 | b |
| 3 | T.E.55 | 5.962 | b |
| 4 | T.E.7 | 5.785 | b |
| 5 | T.E.3 | 5.685 | b |
| 6 | Testigo | 4.197 | c |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el (Figura 23), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción del factor Método de inoculación (I) x factor Cepas de *Trichoderma* (C), en donde se observa que hubo diferencias en peso fresco de raíces por cada interacción. En donde se observa que la interacción conformada por semilla peletizada cepa T.E.5 y T.E.126 obtuvo el mayor peso de raíces con 9.912 g en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones; seguido de la interacciones conformada por semilla peletizada cepa T.E.5 con 6.455 g y semilla peletizada cepa T.E.55 con 6.221 g en promedio, los cuales estadísticamente son similares. En último lugar se ubican los testigos Via Drench suelo y semilla peletizada que solo tuvieron 4.229 y 4.165 g en promedio respectivamente.

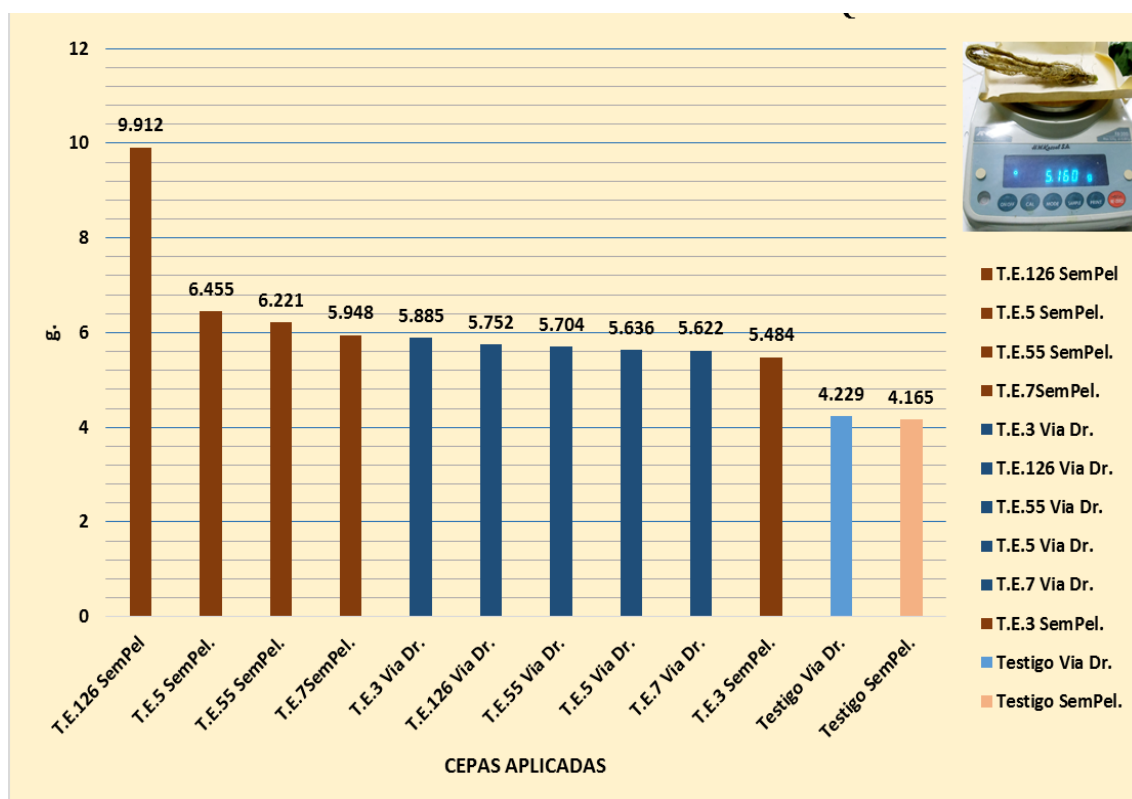


Figura 23. Método de inoculación sobre peso fresco de biomasa radicular en plantas de quinua.

5.1.5.3. Peso seco de biomasa aérea de la planta de quinua

El análisis de Análisis de varianza para peso seco de biomasa aérea de planta de quinua (Cuadro 24 y 50) nos muestra, que existe diferencia estadística altamente significativa para Método de inoculación (I), lo cual indica que hubo diferencias en peso seco de la parte aérea de la planta de quinua por efecto de los métodos de inoculación. Para cepas de *Trichoderma* (C) hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual también indica que se tuvo diferencias en peso seco de la parte aérea de la planta de quinua por efecto de las distintas cepas de *Trichoderma*. No hubo diferencias estadísticas significativas en la interacción I x C, lo cual indica que los factores actúan de forma independiente sobre el peso seco de la parte aérea de la planta de quinua. El coeficiente de variación (CV) igual a 13.03% es aceptable, ya que Vásquez (1990), indica que bajo invernadero se pueden tener CV hasta un 20%.

Cuadro 24. Análisis de varianza para peso seco de la parte aérea de planta de quinua.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 10.21020002 | 10.21020002 | 11.82 | 4.04 | 7.19 | ** | 0.0012 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 24.35054248 | 4.87010850 | 5.64 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0004 |
| I x C | 5 | 7.33918648 | 1.46783730 | 1.70 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.1530 |
| Error | 48 | 41.46983200 | 0.86395483 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 83.36976098 | | | | | | |

CV=13.03%

Prom. gral.=7.133

N.S. = no significativo **= Altamente significativo *= Significativo

CV=Coficiente de variabilidad.

En el (cuadro 25), se puede observar la prueba de Duncan para factor Método de inoculación (I), en donde se observa que la semilla peletizada tuvo mayor peso seco de biomasa aérea de la planta de quinua, alcanzando un peso de 7.55 g en promedio; mientras el método Vía Drench suelo tuvo menor peso seco de biomasa aérea con 6.72 g en promedio.

Cuadro 25. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre peso seco de biomasa aérea de planta de quinua.

| Orden de mérito | Método de inoculación | Peso seco de biomasa aérea de la planta de quinua (g) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------------|---|------------------|
| 1 | Semilla peletizada | 7.546 | a |
| 2 | Vía Drench suelo | 6.721 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el (cuadro 26), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* (C), en donde se observa que hubo diferencias en peso seco de biomasa aérea de planta de quinua por cada cepa de *Trichoderma*. La cepa T.E.5 obtuvo el mayor peso seco con 8.20 g en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás cepas de *Trichoderma*, seguido de las cepas T.E.3 y T.E.7 con

pesos de 7.32 y 7.16 g en promedio respectivamente, en último lugar se ubica el testigo que solo tuvo 6.02 g en promedio de peso seco de biomasa aérea de la planta de quinua.

Cuadro 26. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* sobre peso seco de biomasa aérea de planta de quinua.

| Orden de mérito | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Peso seco de biomasa aérea por planta de quinua (g) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|--------------------------------|---|-------------|
| 1 | T.E.5 | 8.203 | a |
| 2 | T.E.3 | 7.318 | b |
| 3 | T.E.7 | 7.161 | b |
| 4 | T.E.126 | 7.104 | b |
| 5 | T.E.55 | 6.990 | b |
| 6 | Testigo | 6.023 | c |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la (Figura 24), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción del factor Método de inoculación (I) x factor Cepas de *Trichoderma* (C), en donde se observa que no hubo diferencias en peso seco de biomasa aérea de la planta de quinua por cada interacción. Pero si hubo diferencia numérica, donde las interacciones conformadas por semilla peletizada cepa T.E.5 y T.E.126 obtuvieron el mayor peso seco con 8.734 y 7.983g en promedio respectivamente; seguido de las interacciones conformadas por Semilla peletizada cepa T.E.7 con 7.751 g y Via Drench suelo cepa T.E.5 con 7.668g en promedio respectivamente. Por último se ubica interacciones conformadas por Semilla peletizada Testigo con 6.251 g y Via Drench suelo Testigo con 5.794 g en promedio respectivamente.

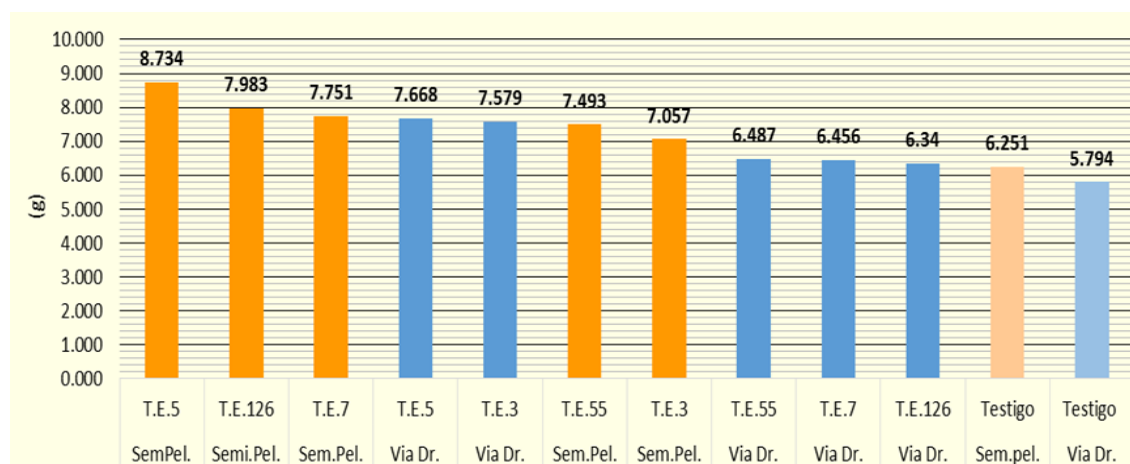


Figura 24. Prueba de Comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor Métodos de inoculación por factor Cepas de *Trichoderma* sp sobre peso seco de biomasa aérea de planta de quinua.

5.1.5.4. Peso seco de biomasa radicular de planta de quinua

El análisis de varianza para peso seco de raíces (cuadro 27 y 51) nos muestra, que existe diferencia estadística altamente significativa para Método de inoculación (I), lo cual indica que hubo diferencias en peso seco de biomasa radicular de la planta de quinua por efecto de los métodos de inoculación. Para Cepas de *Trichoderma* (C) hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual también indica que se tuvo diferente peso seco en la raíz de la planta de quinua por efecto de las distintas cepas de *Trichoderma*. Además, hubo diferencias estadísticas altamente significativas en la interacción I x C, lo cual indica que los factores actúan de forma dependiente sobre peso seco de biomasa radicular de la planta de quinua en la evaluación realizada. El coeficiente de variación (CV) igual a 14.32% es aceptable, ya que Vásquez (1990), indica que bajo invernadero se pueden tener CV hasta un 20%.

Cuadro 27. Análisis de varianza para peso seco de biomasa radicular de la planta de quinua.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 0.23751042 | 0.23751042 | 9.94 | 4.04 | 7.19 | ** | 0.0028 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 1.32908928 | 0.26581786 | 11.13 | 2.41 | 3.43 | ** | <.0001 |
| I x C | 5 | 0.69947368 | 0.13989474 | 5.86 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0003 |
| Error | 48 | 1.14655680 | 0.02388660 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 3.41263018 | | | | | | |

CV=14.32%

Prom. gral.=1.079

En el (cuadro 28), se puede observar la prueba de Duncan para factor Método de inoculación (I), en donde se observa que la semilla peletizada tuvo mayor peso seco de biomasa radicular, alcanzando 1.142 g en promedio; mientras el método Vía Drench suelo tuvo menor peso seco de raíces con 1.016 g en promedio.

Cuadro 28. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre peso seco de biomasa radicular de la planta de quinua.

| Orden de mérito | Método de inoculación | Peso seco de biomasa radicular por planta de quinua (g) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------------|---|------------------|
| 1 | Semilla peletizada | 1.142 | a |
| 2 | Via Drench suelo | 1.016 | b |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el (cuadro 29), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para factor cepas de *Trichoderma* (C), en donde se observa que hubo diferencias en peso seco de biomasa radicular en la planta de quinua por cada cepa de *Trichoderma*. La cepa T.E.126, tuvo el mayor peso seco de raíces con 1.231 g en promedio; seguido de las cepas T.E.5 y T.E.55 con pesos de 1.201 y 1.158 g en promedio respectivamente, los cuales estadísticamente son similares, y superiores al testigo que se ubica en último lugar con 0.789 g en promedio de peso seco de raíces.

Cuadro 29. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* sobre peso seco de biomasa radicular de la planta de quinua.

| Orden de mérito | Cepas de <i>Trichoderma</i> | Peso seco de biomasa radicular por planta de quinua (g) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------------------|---|------------------|
| 1 | T.E.126 | 1.231 | a |
| 2 | T.E.5 | 1.201 | a |
| 3 | T.E.55 | 1.158 | a b |
| 4 | T.E.7 | 1.053 | b |
| 5 | T.E.3 | 1.049 | b |
| 6 | TEST. | 0.784 | c |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la (Figura 25), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción del factor Método de inoculación (I) x factor Cepas de *Trichoderma* (C), en donde se observa que hubo diferencias en peso seco de raíces las interacciones. La interacción conformada por Semilla peletizada Cepa T.E.126, obtuvo el mayor peso de raíces con 1.395 g en promedio; seguido de la interacciones conformada por T.E.5 con 1.363 g, T.E.55 con 1.301 g y Vía Drench suelo Cepa T.E.3 con 1.182 g en promedio, los cuales estadísticamente son similares. En último lugar se ubican los testigos de semilla Via Drench suelo y peletizada que solo tuvieron 0.792 y 0.775 g en promedio respectivamente.

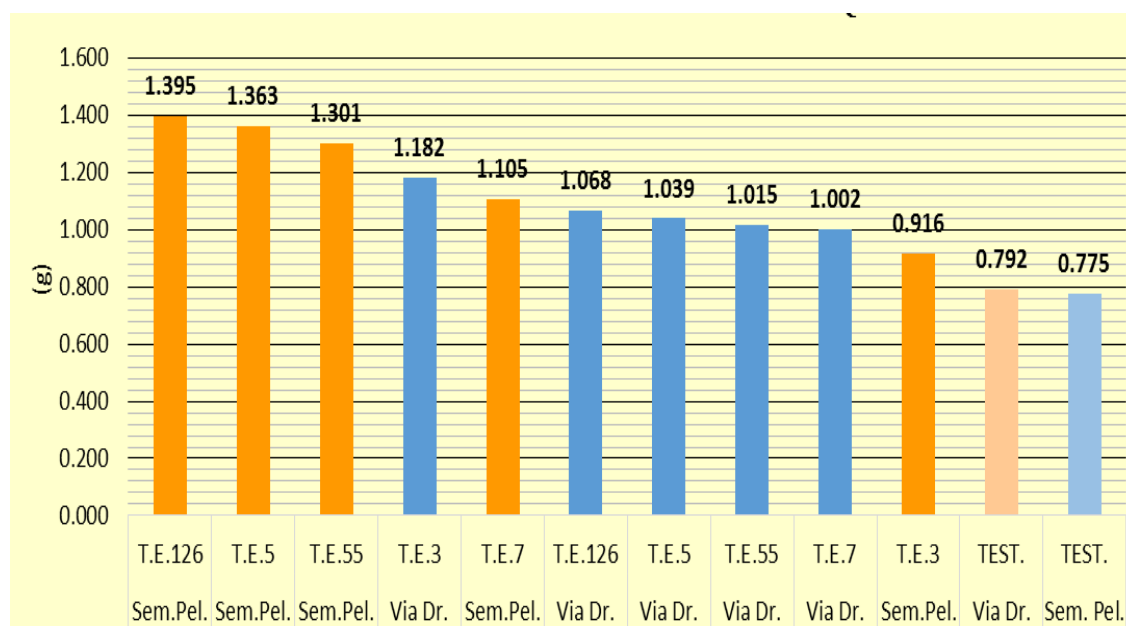


Figura 25. Peso seco de biomasa radicular de plantas de quinua.

5.1.6. Rendimiento de semillas de quinua var. Salcedo INIA

El análisis de varianza para rendimiento de grano en kg/ha (cuadro: 30 y 52) nos muestra, que no existe diferencia estadística significativa para Método de inoculación (I), lo cual indica que no hubo diferencias en rendimiento de grano por efecto de los métodos de inoculación, es decir fueron similares estadísticamente en rendimiento de grano. Para Cepas de *Trichoderma* sp (C) hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que se tuvo diferentes rendimientos de grano por efecto de las distintas cepas de *Trichoderma* sp. Además, hubo diferencias estadísticas significativas en la interacción I x C, lo cual indica que los factores actúan de forma dependiente sobre rendimiento de semillas. El coeficiente de variación (CV) igual a 15.89% es aceptable, ya que Vásquez (1990), indica que bajo invernadero se pueden tener CV hasta un 20%.

Cuadro 30. Análisis de varianza para rendimiento de grano.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 693590.02 | 693590.02 | 2.71 | 4.0 4 | 7.1 9 | N.S. | 0.1062 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> sp (C) | 5 | 41222455.93 | 8244491.19 | 32.23 | 2.4 1 | 3.4 3 | ** | <.0001 |
| I x C | 5 | 3758530.43 | 751706.09 | 2.94 | 2.4 1 | 3.4 3 | * | 0.0215 |
| Error | 48 | 12279342.33 | 255819.63 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 57953918.71 | | | | | | |

CV=15.89%

Prom. gral.=3182.33

N.S. = no significativo **= Altamente significativo *= Significativo
CV=Coeficiente de variabilidad.

En el (cuadro 31), se puede observar la prueba de Duncan para factor Método de inoculación (I), en donde se observa que el método Vía Drench suelo tuvo el mayor rendimiento de semillas, alcanzando 3289.85 kg/ha en promedio; mientras el método Semilla peletizada tuvo menor rendimiento de semillas con 3074.82 kg/ha en promedio; ambos métodos estadísticamente son similares, numéricamente diferentes.

Cuadro 31. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Método de inoculación sobre rendimiento de semillas.

| Orden de mérito | Método de inoculación | Promedio (kg/ha) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------------|------------------|-------------|
| 1 | Vía Drench suelo | 3289.85 | a |
| 2 | Semilla peletizada | 3074.82 | a |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el (cuadro 32), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* sp (C), en donde se observa que hubo diferencias en rendimiento de semillas por cada cepa de *Trichoderma* sp en la evaluación realizada. En donde se observa que la Cepa T.E.7, obtuvo el mayor rendimiento de semillas de quinua con 3893.70 kg/ha en promedio, seguido de las cepas T.E.3 y T.E.55 con rendimientos de 3801.95 y 3478.85 kg/ha en promedio respectivamente. En último lugar se ubica el testigo que solo tuvo 1412.60 kg/ha en promedio.

Cuadro 32. Prueba de Comparación de medias de Duncan para factor Cepas de *Trichoderma* sp con significancia estadística sobre rendimiento de semillas de quinua o grano.

| Orden de mérito | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Promedio (kg/ha) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|--------------------------------|------------------|-------------|
| 1 | T.E.7 | 3 893.70 | a |
| 2 | T.E.3 | 3 801.95 | a |
| 3 | T.E.55 | 3 478.85 | a b |
| 4 | T.E.5 | 3 287.25 | b |
| 5 | T.E.126 | 3 219.65 | b |
| 6 | Testigo | 1 412.60 | c |

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).



Figura 26. Muestras de panojas de quinua var. Salcedo INIA a los 188 días (Madurez fisiológica).

En la (Figura 27), se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción del factor Método de inoculación (I) x factor Cepas de *Trichoderma* sp (C), en donde se observa que hubo diferencias en rendimiento de semillas o grano por cada interacción. En donde se observa que la interacción conformada por Via Drench suelo Cepa T.E.3, obtuvo el mayor rendimiento con 4147.55 kg/ha en promedio, seguido de las interacciones conformada por Via Drench suelo Cepa T.E.55 y Semilla peletizada T.E.7 con 4009.50 y 3920.85 kg/ha en promedio respectivamente, los cuales estadísticamente son similares y superiores al testigo. En último lugar se ubican los testigos de semilla peletizada y Via Drench suelo que solo tuvieron 1506.90 y 1318.30 kg/ha en promedio respectivamente.

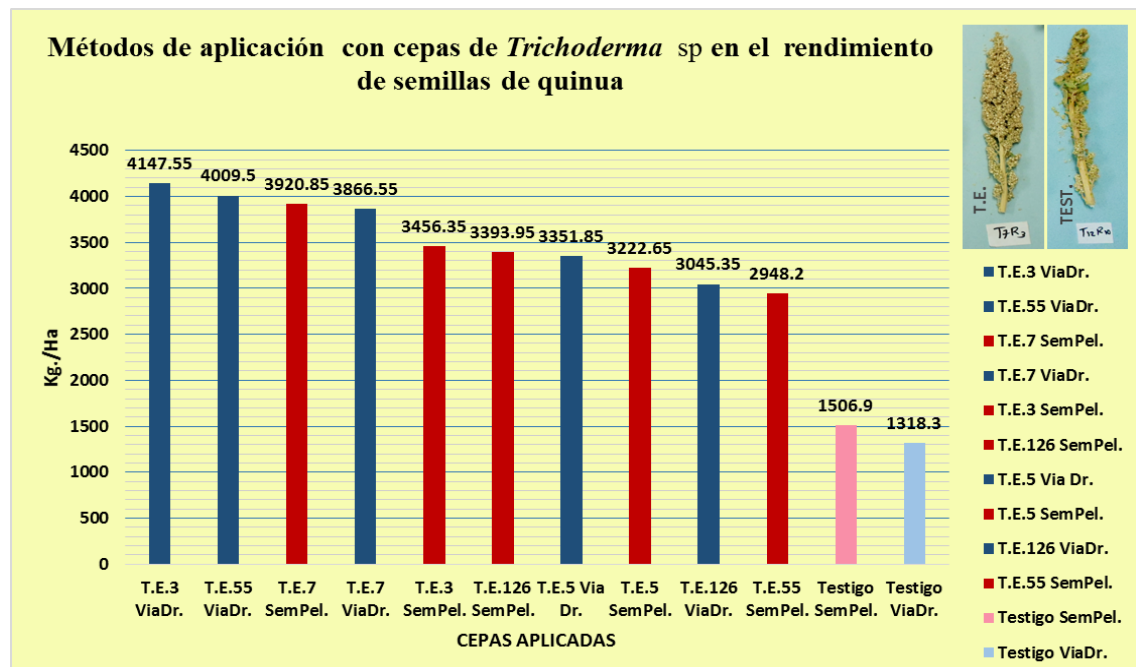


Figura 27. Métodos de inoculación por factor Cepas de *Trichoderma* sp sobre rendimiento de semillas de quinua.

Al efectuar la prueba de comparación de medias de Duncan para el factor métodos de inoculación (I) de *Trichoderma* sp con significancia estadística sobre rendimiento de semillas de quinua (Cuadro: 32) se logró el mayor efecto en rendimiento de plantas de quinua con el método de semilla peletizada con cepas de *Trichoderma* sp con respecto al método Via Drech suelo ambos métodos fueron superiores al testigo, lo cual se observa 6 rangos; en el rango “a” se ubicó el tratamiento T.E.7(*Trichoderma*) con 3893.70 kg/Ha con mayor rendimiento de semillas; mientras que TEST.(Testigo) obtuvo 1412.60 kg/Ha, en el rango “c”, los demás tratamientos se encuentran en orden

intermedio, Apaza *et al.*, (2006) citan que el rendimiento promedio de la quinua var. Salcedo INIA es 2500 kg/ha, resultados coinciden con Resky *et.al* (2001), mencionan que los rendimientos del fríjol aumentaron significativamente al aplicar Estiércol Vacuno + *Trichoderma* spp. $10 + 0.003 \text{ t.ha}^{-1}$, superando a todos los tratamientos en los indicadores masa de 100 g y rendimiento con 1.37 t.ha^{-1} , los tratamientos en estudio, mostraron diferencias significativas con respecto al control, en el indicador masa de 100 g y rendimiento. Las aplicaciones de *Trichoderma* spp 0.01 t.ha^{-1} fue superior significativamente a T2 (Estiércol Vacuno 20 t.ha^{-1} , por otra parte Harman *et al.*, (2004), mencionan que las actividades beneficiosas atribuidas a las interacciones de *Trichoderma* / planta incluyen la promoción del crecimiento vegetal, la tolerancia y resistencia a fitopatógenos promoviendo el crecimiento de las plantas, incrementando la disponibilidad de nutrientes y mejorando la producción y rendimiento de los cultivos. (Harman *et al.*, 2004; Vinale *et al.*, 2008), mencionaron que *Trichoderma* es capaz de colonizar la superficie de las raíces y causar cambios sustanciales en el metabolismo de los tejidos de las plantas promoviendo el crecimiento de las plantas, incrementando la disponibilidad de nutrientes y mejorando la producción de los cultivos.

5.1.7. Efecto de cepas de *Trichoderma* sp en la nutrición de plantas de quinua var. Salcedo INIA en invernadero

En la (Figura 28 y 32), se observa que las plantas tratadas con *Trichoderma* sp mediante ambos métodos de inoculación, fueron superiores en contenido de nutrientes N, P y K, con 1.68%, 0.29 % y 2.60 %, respectivamente, en comparación con el testigo con 1.51 %, 0.24 % y 1.91 %, respectivamente. El tratamiento T.E.2 (figura 32 análisis nutricional de plantas de quinua) T.E.7 Via Drench suelo fue superior con 2.07 %, 0.31 % y 2.95 % de N, P y K, respectivamente, estos resultados coinciden con Erazo (2006), el cual menciona que al aplicar *T. harzianum* actúa primeramente como bioestimulante del crecimiento radicular, promueve el desarrollo de las raíces debido a la secreción de fitohormonas permitiendo una mejor asimilación de nutrientes y por ende una mejor altura de planta por otro lado Santanar (2003) manifiesta que, los tratamientos con aplicados con *Trichoderma* aumenta el número de hojas obteniendo diferencias significativas con respecto a los testigos, observándose un efecto bioestimulante de este hongo, desde la etapa de germinación, la etapa de desarrollo y crecimiento de la planta así mismo Cepeda *et al.*, (1991).manifiestan que el nitrógeno es el elemento nutritivo

más crítico en el crecimiento de las plantas y es absorbido por las plantas principalmente en forma de iones nitrato(NO_3) y amonio (NH_4) e incrementan el crecimiento vegetativo y la capacidad fotosintética de la planta; es decir, determina el número de hojas, El número de semillas por inflorescencia y por lo tanto determina el potencial de rendimiento. Una importante cantidad de nitrógeno absorbida por la planta llega a los granos a la madurez y contribuye a la cantidad de proteína. Thomson *et al.*,(1962) mencionan que el fósforo es absorbido en forma de ion monovalente, ortofosfato H_2PO_4 , conocido como fosfato, es uno de los principales aniones absorbidos por la planta; la mayor parte de la absorción del fósforo es activa, contra del gradiente de la concentración es decir, la concentración del fósforo es mayor en las raíces que en la solución del suelo Buckman, (1966) cita que la presencia de potasio en las plantas ejerce un aspecto compensador para la mejor asimilación del nitrógeno y fósforo y una cantidad de potasio disponible. Tiene una relación con el vigor del crecimiento de las plantas, aumenta la resistencia de las plantas a las heladas y enfermedades criptogámicas. El potasio disminuye la transpiración de las plantas y este hecho permite economizar el agua, asegurando, por consiguiente, una mejor resistencia de las plantas a la sequía. (Harman *et al.*, 2004; Vinale *et al.*, 2008), mencionaron que *Trichoderma* es capaz de colonizar la superficie de las raíces y causar cambios sustanciales en el metabolismo de los tejidos de las plantas promoviendo el crecimiento de las plantas, incrementando la disponibilidad de nutrientes y mejorando la producción de los cultivos.

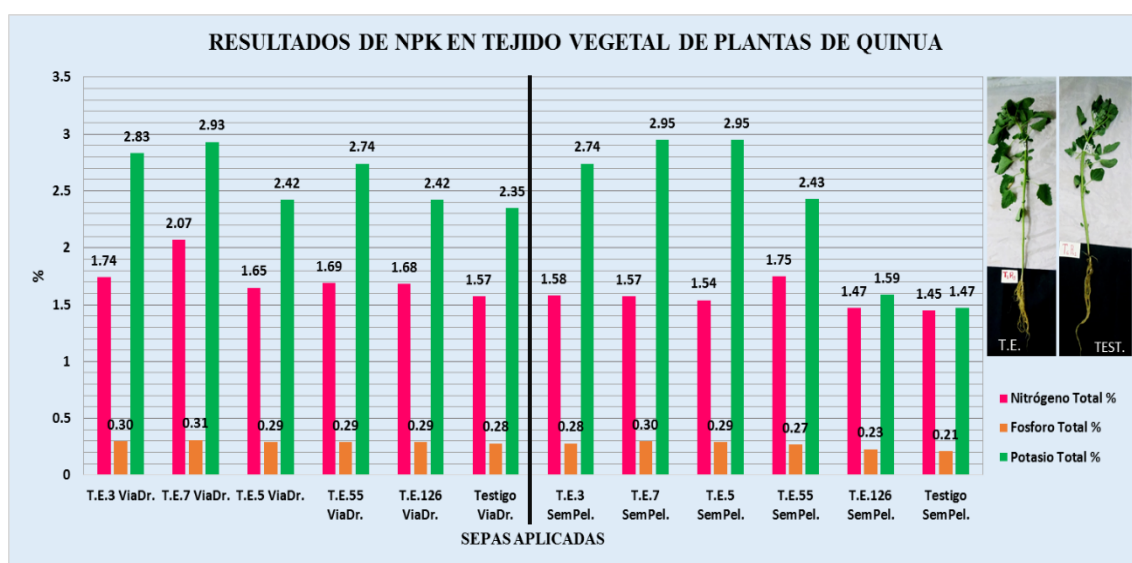


Figura 28. Análisis químico de tejidos vegetal de plantas de quinua var. Salcedo INIA en invernadero.

5.1.8. Influencia de cepas de *Trichoderma* sp en las características químicas del substrato suelo de plantas de quinua Var. Salcedo INIA en invernadero

En la (Figura 29,30 y 31) se observa que entre métodos de inoculación no existe diferencia con respecto al nitrógeno residual en el suelo, con respecto al contenido de nitrógeno inicial se incrementó de 0.18 % del testigo a 0.21 % en promedio de ambos métodos de inoculación al respecto. Harman *et al.*, (2007) mencionan que *Trichoderma* incrementa la microflora del suelo produciendo mayor descomposición de la materia orgánica y mejora la fijación de nitrógeno atmosférico. También se observa que el suelos donde se desarrolló la quinua con semilla peletizada con cepa T.E.55 tuvo mayor concentración de nitrógeno con 0.25%, seguido por el tratamiento semilla peletizada cepa T.E.3 con 0.24%. *Trichoderma* produce cambio en la composición de la microflora en la raíz, además mejora la absorción de nutrientes, mejora solubilidad de los nutrientes del suelo. También en el ciclo de biodegradación de materiales orgánicos y minerales los microorganismos los convierten en nutrientes asimilables por las plantas Buckman, (1996), indica que el elemento de nitrógeno se encuentra en mayores cantidades en las partes jóvenes de las plantas succulencia, suavidad, turgencia y, es absorbido en gran cantidad por las plantas y muy móvil en el suelo, en comparación con el fósforo y potasio, por otro lado Mesa *et al.*, (2006) en el cultivo de la fruta bomba variedad Maradol Roja en condiciones de vivero, al aplicar la cepa A-34 de *T. harzianum* en formulaciones líquidas y sólidas a la semilla y cinco aplicaciones posteriores al sustrato, logrando incrementos de la altura de la planta y el diámetro del tallo, influyendo en la disminución del tiempo de permanencia de las posturas en el vivero. Autores como Cupull (2000), Pérez-Solís y Urbaneja (2001), Parets (2002), Galeano *et al.*, (2003), Sudo (2005), Espino y Estefanova (2006) y Méndez (2006) obtienen resultados satisfactorios al aplicar el hongo como estimulador de crecimiento en cultivos como: café, frijol común, judía, tabaco, tomate y lechuga. Estos autores afirman, que especies del género *Trichoderma* son capaces de producir sustancias estimuladoras del crecimiento y del desarrollo en las plantas, y actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas alcancen un desarrollo más rápido que aquellas que no han sido tratadas con dicho microorganismo.

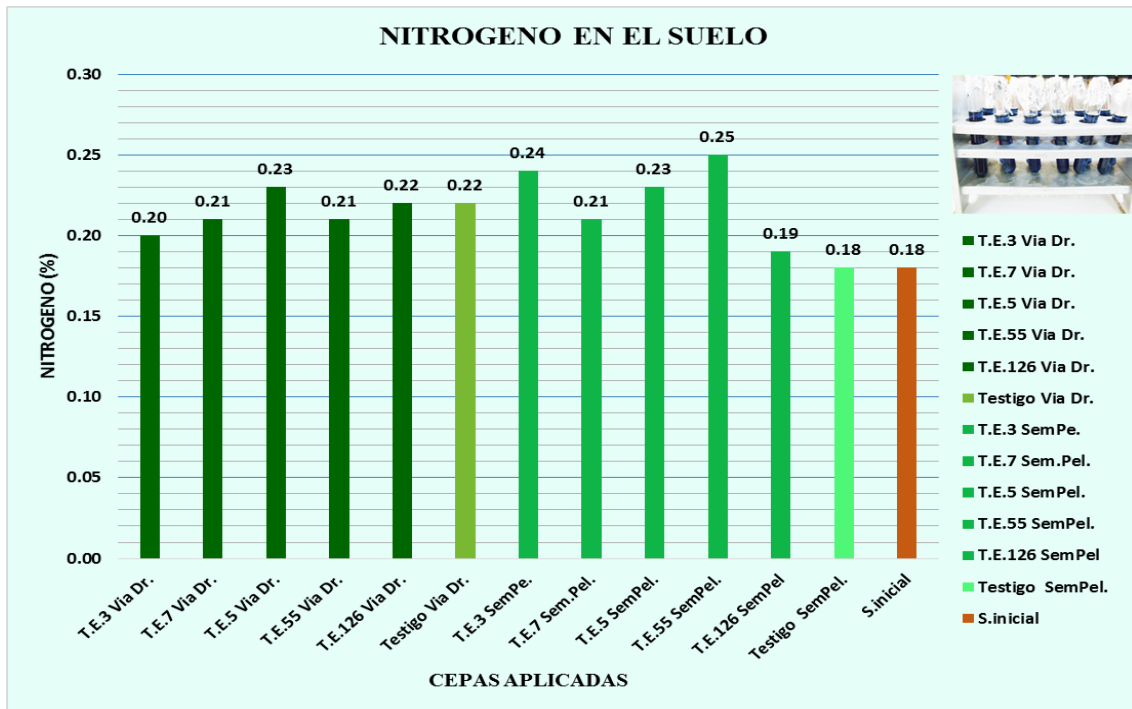


Figura 29. Análisis químico de NPK sustrato suelo de las plantas de quinua var. Salcedo INIA en invernadero.

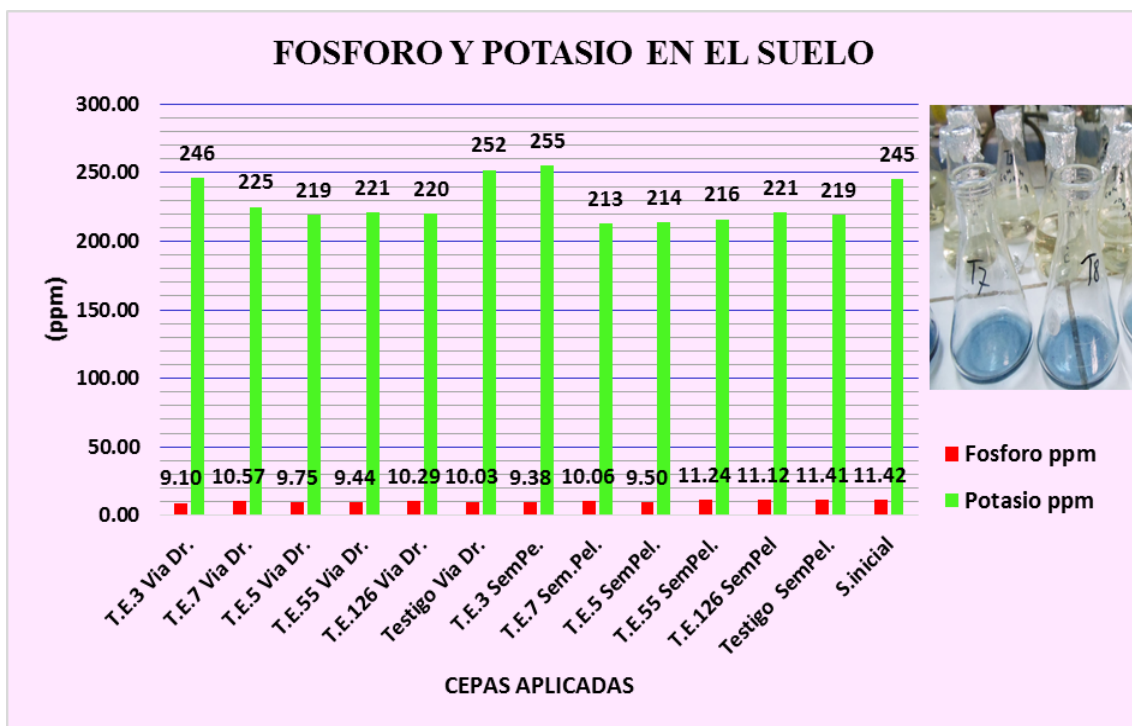


Figura 30. Análisis químico de NPK sustrato suelo de las plantas de quinua var. Salcedo INIA en invernadero.

CONCLUSIONES

1. Se logró el mayor efecto en el crecimiento y rendimiento en plantas de quinua ambos métodos (semilla peletizada y via Drench suelo) con cepas de *Trichoderma* sp destacando la cepa T.E.7 tuvo mayor efecto en número de hojas con 115.60 hojas, diámetro de tallo con 9.87mm, longitud radicular 44.31 cm y rendimiento con 3893.70 kg/Ha. Superiores al testigo.
2. Todas las cepas de *Trichoderma* sp incrementaron los niveles de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en los tejidos de plantas de quinua con los dos métodos de inoculación, con la cepa T.E.7 se obtuvo los altos niveles de Nitrógeno con 1.82% en promedio a diferencia del testigo con 1.51%, fosforo con un promedio 0.31% a diferencia del testigo 0.25% y potasio con 2.94 a diferencia del testigo con 1.9% en ambos métodos.
3. En las características químicas del contenido de nutrientes Nitrógeno, Fosforo y Potasio residuales del sustrato suelo después de cosechar plantas de quinua, el contenido de nitrógeno se incrementó en ambos métodos con respecto al testigo inicial 0.18 no habiendo diferencias entre métodos de inoculación; los niveles de fósforo y potasio disponibles disminuyeron con respecto al testigo sin inoculación.

RECOMENDACIONES

1. Para validar el mayor el rendimiento y crecimiento de plantas de quinua bajo invernadero, se recomienda experimentar en condiciones de campo utilizando método semilla peletizada con la cepa de *Trichoderma* T.E.7 que demostró mayor efecto.
2. Se recomienda estudiar diferentes inoculantes a diferentes dosis en el cultivo de quinua, sumándole a esto diferentes dosis de abonamiento orgánico, con la finalidad de determinar si se logra obtener mejores rendimientos a lo obtenido en la investigación.
3. Se recomienda, estudiar comparando formas de aplicación del inoculante (sólido y líquido) ya sea en la semilla y bajo cualquier sistema de riego en 3 fases fenológicas (ramificación, Inicio de floración y grano lechoso), con el fin de determinar sus efectos en el rendimiento del cultivo de quinua, tomando en consideración las instrucciones de uso de cada inoculante.

BIBLIOGRAFIA

- Acora, D.K., Elarder, R.P., Mukerji, K.G., (1992). Handbook of applied Mycology: Fungal Biotechnology. Marcel Dekker, New York, pp.4:697
- Agamez E., Ramos R.I. Zapata Navarro, L.E., Oviedo Zumaque., L., Barrera Violeth (2008). *Evaluación de sustratos de y proceso de fermentación sólida para la producción de esporas de Trichoderma spp.* Rev. Colomb. Biotecnol. UNC. Bogotá – Colombia. Vol.X 34p.
- Agosin, E. y Aguilera, G. (1999). *Utilización de los sustratos para producir Trichoderma spp en el grano de arroz entero.* Bogotá – Colombia. 132p
- Aguilar A., Salinas J.R. (1989). *Evaluación de cuatro dosis de estiércol solarizado.* Santiago- Chile. 87p
- Alarcón, A. y Ferrera-Cerrato, R. (2000). Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. Agric.Téc. Méx. 26(2):191-203
- Alexopoulos, Romero A., Jacobsen Sven E. (1996). *Agroindustria de la quinua (Chenopodium quinoa Willd) en los Países Andinos.* Puno - Perú. 113p.
- Altomare, C., W. A. Norvell, T. Björkman y G.E y Harman. (1999). *Solubilización de fosfatos y micronutrientes por el hongo promotor del crecimiento de plantas y biocontrol Trichoderma harzianum.* Universidad de Cornell. Nueva York – Estados – Unidos. Rifai 1295-22. Appl. Reinar. Microb. 65p.
- Apaza, V. y Delgado, P. (2006). *Manejo y mejoramiento de quinua orgánica.* Puno-Perú 18p.
- Apaza, M. V. (1977). *Respuesta del Cultivo de tres Variedades de Quinua (Chenopodium quinoa Will) a Diferentes pH del Suelo.* Tesis Ing. Agrónomo. UNTA – Puno – Peru. 80 p.

- Apaza, M.V., Delgado. P. (2005). *Manejo de Quinua Orgánica*. Primera edición INIA – ILLPA Puno- Perú.
- Apaza, M.V., Cáceres y Pineda. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*.16p.
- Apaza, M. V., (2013). *Trabajo de investigación en mejoramiento genético*. Revista Instituto Nacional de Innovación Agraria [En Línea] Puno-Perú.
- Astudillo, M. C.; Blanco, B. (1999). *Establecimiento de los parámetros semi industrial del hongo T. harzianum, utilizado en control biológico*. Tesis de pregrado. Microbiología Industrial. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá - Colombia Pp. 7-11, 14, 20
- Bandara, W., Seneviratne, G., Kulasoorya, S.A. (2006). *Internacional entre bacterias endofíticas y efecto de hongos y potenciales*. Universidad de Peradeniya, Peradeniya - Sri Lanka- J. Biosci 31: 645-650p.
- Barakat, A. (2001). *Solarización del suelo para mejorar la estructura del suelo*. Barcelona 29p.
- Batteman, J.V., (1970) *Nutrición Animal de métodos, Manual de métodos analíticos*. Herrero Hermanos, S.A., España 468pp
- Benitez, T. Rincon, A., Limon, M. y Codon, A. (2004). *Mecanismos de biocontrol de las cepas de Trichoderma*. *Microbiología Internacional*. USE. Sevilla – España. 49-260p.
- Benitez T. Rincon A.M., Limon M.C., and Codon A. (2004), *Biocontrol mechanism of Trichoderma strains*. *International Microbiology*.7:249 - 260
- Bjorkman, T., G.E. Haman y L. Blanchard (1995). *Desarrollo de raíces en comestibles inoculados con el hongo de biocontrol Trichoderma harzianum*. *HortScience*. Univercidad de Geneva – Estados Unidos 30 (4): 810 (Abstr.)

- Bonifacio, A. (2007). *Producción de semillas*. Fundación PROINPA - Bolivia 1 243p.
- Buckman y Brady. (1966). *Naturaleza y propiedades de los suelos*. 7ma. Edición. Edis Uteha. Barcelona España.125-130p.
- Brundett M.C.,Bougher N.,Dell B.,Grove T. y Malajczuk N., (1996).*Trabajo con Mycorrhizas en silvicultura y Agricultura Centro Australiano para investigación Agrícola Internacional* .En línea:
[Www.ffp.csiro.au/research/mycorrhizas/index.html](http://www.ffp.csiro.au/research/mycorrhizas/index.html).
- Caballero, E.J. (2011). *Uso de hongos endofíticos de Trichoderma spp., para el control del Mal de Panamá (Fusarium oxysporum f. sp. cubenze) raza tropical 1 en vitroplantas del cultivar Gros Michel (AAA)*. Tesis sometida para obtener el grado de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. CATIE. Costa Rica. 104 pp.
- Canahua, A. y Rea, J. 1989. *Quinuas resistentes a heladas. Avances de Investigación. En: II Congreso Internacional de Cultivos Andinos*. Riobamba- Ecuador.
- Canahua, J. (2001). *Metodología de la interpretación del suelo*. "Manual técnico N⁰ 0101.INIA", Puno, Peru.p31
- Cahuana, Q. R. y Arcos, P.J. (2002). *Variedades nativas y mejoradas de papa en puno*. Primera Edición. INIA, Lima, Perú.118p.
- Castro T. y Revillas O. (2005). *Biorregulación de Rhizoctonia Solani en germinadores de café*. Avances técnicos cernicafe. Colombia 336p.
- Cepeda Davala. J. M. (1991). *Química del suelo*. Editorial trillas S. A. D. C.V. México, 314p

- Cornejo A. (1976). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO y ANPE. Lima. Coordinadora Una agenda agraria para el desarrollo de la sierra peruana. Lima - Perú. 69p.
- Cubillos, J.; Valero, N. (2008). *Trichoderma Harzianum como promotor del crecimiento vegetal de Maracuya. (Passiflora edulis) Var. Flavicarpa Degener*, Colombia 21(1), 81-86.
- Cupull, R. (2000). *Efecto de Trichoderma, Azotobacter y Micorrizas como agentes estimulantes y de control de Rhizoctonia solani en la producción de posturas de cafeto (Coffea arábica, L.)*. Centro Agrícola - Cuba 27 (4), 23-28.
- Chirinos, J. (2001). *INP Investigacion en quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el Altiplano Universidad de Kassel – Alemania Ed. Eropenzentrum.50p*.
- Cubillos J. Valero N. y Mejia L. (2008) *Trichoderma Harzianum como promotor del crecimiento vegetal de maracuyá*.
- Dandurand, L. y G. Knudsen. 1993. *Influencia de Pseudomonas fluorescense en el crecimiento de hifas y en la actividad de biocontrol de Trichoderma harzianum en la espermiosfera y rizosfera de guisantes*. Univercidad de Idaho – Estados Unidos. Phytopathol. 83p.
- Díaz, A. (1977). *Respuesta de Quinua (Chenopodium quinoa Will.) dosis y Épocas de Aplicación de Nitrógeno*. Tesis Ing. Agrónomo UNTA. Puno – Peru.98 p.
- Dirección Regional Agraria Puno. (2011). *Producción orgánica, agroindustria y comercialización de la quinua (Chenopodium quinoa Willd)*. Puno-Perú. 58 p.
- Dirección Regional Agraria Puno (2015). *Diagnóstico de las cadenas productivas de los cultivos de quinua, cañihua, habas, tarwi forrajes, papa, café y frutales*. Puno–Perú 277p.

- Domsch, kh, W., Gams y Thanderson (1980). *Compendio de hongos del suelo*. Vol. I. Academic Press Ltd., Londres, Inglaterra. 859 pp
- Donoso E., G. Lobos y N. Rojas. (2008). *Efecto de Trichoderma harzianum y compost sobre el crecimiento de plántulas de Pinus radiata en vivero*. Bosque - Colombia 29 81):52-57. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v29n1/art06.pdf>
- Douglas, S. (1985). *Potencial biotecnológico de microorganismos en ecosistemas naturales y agroecosistemas*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 169-183.
- Druzhinina y Kubicek, (2005). *Species concepts and biodiversity in Trichoderma and Hypocrea: from aggregate species to species Clusters*. J Zhejiang. Univ Sci B. 2005;(2): 100-12.
- Duran, J. M. (1989). *Pre-acontecimiento y recubrimiento de semillas hortícolas agrícolas*. Puno - Perú 679.128-131pp.
- Echandi, E. (1967). *Manual de laboratorio de fitopatología general*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA – Costa Rica, Serie de Textos y Materiales de Enseñanza no. 17pp.
- Elad Y., Zimand G., Zuriel S. y Chet I. (1993). *Uso de la combinación o alteración de Trichoderma harzianum con fungicidas para controlar el moho gris del pepino (Botrytis cinerea) bajo condiciones comerciales de invernadero*. Plant Pathol Bogota-Colombia 42- 322p.
- Erazo, A. (2006). *Evaluación de tres dosis de Trichoderma harzianum para el control de tizon tardío (Phytophthora Infestans) y costra negra (Rhizoctonia Solani) en el cultivo de la papa*. Tesis de grado ESPOCH, FRN. 25p.
- Erquinio, A. (1970). *Cultivos de la Quinoa*. Ministerio de Alimentación Dirección General de Producción, Boletín Técnico N 5 Lima – Perú.

- Espino, M., Stefanova, M. (2006). *Colonización por Trichoderma harzianum de diferentes sustratos para el sistema de cepellón en el cultivo del tabaco*. Instituto de Investigación del Tabaco – Cuba. Fitosanidad, 10 (2), 5.
- FENDA, (2003). *Tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos*. Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal, Madrid España 42-38pp.
- Fonseca, M., Puertas, A., Rodríguez, L. Y Arjona, C. (1998). *Efecto de la aplicación de Trichoderma harzianum R. sobre la composición cuantitativa de bacterias, hongos y actinomicetos de la rizosfera de solanáceas y su influencia en el crecimiento vegetativo*. Investigación agraria. Producción y Protección Vegetales "Riv. Dell Ortoflorofruitt. Es " - Italia 53p.
- French, G., Antonio M. y Suzana M. (1982). *Análisis prospectivo de cadenas productivas agropecuarias*. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias (EMBRAPA).25p.
- Gallardo, M. (1997). *Quinua y Kañihua, cultivos andinos*. Bogotá - Colombia, Serie: libros y materiales educativos. 71p.
- Gandarillas, H. (1968). *Caracteres botánicos más importantes para la clasificación de la quinua*. In: Universidad Nacional Técnica del Altiplano (ed). Anales de la Primera convención de Quenopodiáceas quinua - cañahua. Puno, Perú. pp 41-49.
- Galeano, M., Téllez, M., Lara, L. y Urbaneja, A. (2003). *Efecto de Trichoderma harzianum T-22 sobre un cultivo de judía*. Agrícola- la Vergel, 249-253
- Gonzales, P. (1999). *Revista Selección de Cepas Nativas de Trichoderma spp. con Actividad Antagónica sobre Phytophthora capsici Leonian y Promotoras de Crecimiento en el Cultivo de Chile (Capsicum annumL.)* México 117p.
- Grooschevoy, (1939). *Experimento del suelo en el Caucaso en 1938; obtuvo un control efectivo de organismos patogénicos del suelo capturando energía solar bajo*

parcelas frías sujetas a la luz solar directa antes de la siembra,
www.monografias.com › Agricultura y Ganadería.

- Gross, A. (1962). *Abonos Guías Prácticas de Fertilización*. Traduc. Ramón Olalquiaga Soriano, 2da Ed. Edit. Mundi Prensa Madrid 105 p.
- Goviden-Soulangue, J. y Levantard, M. (2008). *Comparative studies of seed priming and pelleting percentage and meantime to germination of seeds tomato (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Afr. J. Agric. Res. 3(10):725-731.
- Hanan, J. (1978). *Condiciones ambientales del vivero*. Capítulo 2, Nueva York 530p.
- Harman, G. y Chet, I. K. (1981). *Factores que afectan Trichoderma hamatum aplicado a la semilla del agente bio-control*. Univercidad de Correll – Estados Unidos. Phytopatology 579 – 582p.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., Lorito, M. (2004). *Trichoderma especies oportunistas, avirulentos simbioses vegetales*. Univercidad de Correll – Estados Unidos. Nature Review Microbiology 2: 43-56p.
- Harman, G. y Howell. (2000). *Trichodermas especies oportunistas, avirulentos simbioses vegetales*. Nature Review Microbiology 34p.
- Harman, G. E, (2007). *Los mecanismos y aplicaciones de simbioses de plantas oportunistas simbióticas*. Univercidad de Correll – Estados Unidos 131-155p.
- Jan Huys. (1999). *Esterilización de productos sanitarios por vapor*. Madrid-España vol 1
- Kelemu, S. (2006). *Hongos endófitos: ventajas adaptativas que habitan en el interior de las plantas*. Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria (Colombia) 57p.

- Kloepper, J.W., Schippers, B., Bakker, P.A. (1992). *Propuesta de limitación del termino endorhizosphere*. Univercidad de Alabama – Estados Unidos s.p.
- Lamari, A. (2002). *Guía práctica de fertilización*. 2da. Edición. Edit. Mundi Prensa. 36.
- Mackie, F. y Esquivel, R. 2004. Efecto de inoculantes a base de Azotobacter y hongos micorríticos en maíz y cebada bajo invernadero en Ayacucho. Artículo científico. In Manejo Ecológico de suelos. Parte II. Lima, Perú. 11p.
- Lescano, L. (1994). *Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos*. Convenio INADE/PELT – COTESU PIWA. Puno Perú, Impreso en Bolivia 459p
- Lowther, W. (1975). Pelleting materials for oversown clover. N. Z. J. Crop Hort. Sci. 3:121-125.
- Mamani, T, JW. (1996). *Rendimiento de dos cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Willd) con abono orgánico y su equivalente en fertilizante sintético en Puno*. Tesis Ing. Agrónomo UNA. Puno – Perú. 64p.
- Mao, V y Tapia, A. (1997). *Información general sobre el cultivo de la quinua*. Puno-Perú 88p.
- Marca, S. y Mujica, A. (2006). *Centro de Información Tecnológica del Ministerio de Agricultura: Cit Informe, N° 001- 2006*. Disponible en www.inia.gob.pe, también en infoinia@inia.gob.pe. Puno- Perú.
- Martínez, R., Dibut. B., Ortega, Marisel, Ríos, Yoania, Fey, L. (2004) *presencia y uso de microorganismos endófitos en plantas como perspectiva para el mejoramiento de la producción vegetal* Cultivos Tropicales, vol. 25, núm. 2, 2004, pp. 13-17 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba.
- Martínez, B., Fernández - Larrea, O. y Solano, T. (1994). *Antagonismo de cepas de Trichoderma frente a hongos Fito patógenos de la caña de azúcar, tomate y tabaco*. Cultivos Tropicales, 54p.

- Matachana, (2011). *Catalogo I y II manejo de autoclave a vapor*. Madrid - España 246p.
- Méndez, J. (2006). *Efecto de la aplicación de Trichoderma harzianum y Paecilomyces lilacinus en el rendimiento de lechuga orgánica*. Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano – Honduras. 10 -231p.
- Mesa, R. J. R.; Gómez, C. J.; L., Rodríguez, C. O.; Parets, S. E. y Soto, O. R. (2006). *Efecto de Trichoderma y micorrizas en la producción de posturas de Carica papaya L*. Centro Agrícola.Universidad de Cienfuegos – Cuba, 33 (3), 75-81p.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2015), *estudio técnico Nro 1-2015 Dirección General de Políticas Agrarias y Dirección de estudios económicos e información Agraria, (MINAGRI- DEEIA), Quinoa Peruana situación actual y perspectivas en el mercado Nacional e internacional*.6-58p
- Miyashiro, G. y Meggs Salguero J. C. (2007). *Medición de efecto de la Aplicación de Microorganismos en los sistemas biodigestores a escala*. Universidad EARTH – Costa Rica.
- Moore, G.E. (1996). *Mitos y dogmas del biocontrol: Cambios en las percepciones derivadas de la investigación sobre Trichoderma harzianum T-22*. Plant Disease 84: 377 - 393. Harman, G.E., y Hayes, K. 1993. La naturaleza genética y la capacidad de biocontrol de la progenie de la fusión de protoplastos en *Trichoderma* P.23. En: I. Chet (ed.). *Biotecnología en el Control de Enfermedades Vegetales*. Nueva York - Estados Unidos. Willey-Liss, Inc. 373 p.
- Mousain, (1997). *La quinua como se debe cultivar*. Instituto de Agronomía. Oruro – Bolivia.
- Mujica, A. (1988). *Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Montecillos, México. 122p.

- Mujica, A. y Canahua y L. Jacobsen, E (1989). *Fenología del cultivo de la quinua*. En curso taller de cultivos andinos y uso de la información. Agrometeorología INIA. Puno, Perú 24-25p.
- Mujica, A. Canahua, L. (1989). *Fenología del Cultivo de Quinua*. Resumen del Curso Taller de Cultivos Andinos y Usos de Información Agro Meteorológica PISA INIA PUNO. PERU, 24-27p.
- Mujica, A.; Canahua, L. y Saravia, R. (2001). *Agronomía del cultivo de la quinua*. FAO, cultivos andinos, versión 1.0 INIA PUNO. Perú 24-27p.
- Mujica, A., Izquierdo, J., Marathee, J. y Jacobsen, E. (2004). *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) Ancestral Cultivo del Presente y Futuro*. FAO Santiago, Chile. pp.30 – 49.
- Mujica, A., Izquierdo, J., Marathee, J. y Jacobsen, E. (2004). *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) Ancestral Cultivo del Presente y Futuro*. FAO Santiago, Chile. pp.30 – 49.
- Mujica, A. (2005). *Evaluación de la quinua (Chenopodium quinoa Willd) en tres localidades de la cuenca del Titicaca*. Tesis Ing. Agrónomo UNA. Puno – Perú. 125 p.
- Mujica, A. y Jacobsen (2006). *Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Tesis Doctoral. Colegio de Post graduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Chapingo México. 122 p.
- Mujica, A.; M. Suquilanda, E. Chura, E. Ruiz, A. León, S. Cutipa, C. Ponce. (2013). *Producción orgánica de quinua (Chenopodium quinoa willd)*. Puno- Perú 25p.
- Mujica, A.; M. Suquilanda, E. Chura, E. Ruiz, A. León, S. Cutipa, C. Ponce. (2013). *Producción orgánica de quinua (chenopodium quinoa Willd)*. Puno- Perú.

- Ortuño, N. Claros, M. y Angulo, V. (2009). *Investigaron sobre biofertilizantes artesanales con microorganismos rizosfericos nativos para una producción orgánica*. PROINPA Oruro-Bolivia 8p.
- Ortuño, N.; O., Navia; V. Angulo; D. Barja y G. Plata. (2009). *Desarrollo de biofertilizantes en base a microorganismos nativos para una producción soberana en Bolivia*. pp. 169-18349.
- Páez, J. (1960). *Materia orgánica de suelo, Perú agrónomo*. Órgano de la Asociación Peruana de Ingenieros Agrónomos. Volumen No VI. Lima – Perú.
- Palao, A. (2003). *Curso de cultivos andinos*. Curso de actualización. FCA-UNA, Puno.38 p
- Papavizas. G. G. (1985). *Trichoderma and Gliocladium: Biology, ecology and potential for biocontrol*. Ann, Rev. Phytopathol. 23:23-54p
- Pérez-Solís, E. y Urbaneja, A. (2001). *TRIANUM (Trichoderma harzianum) promotor del crecimiento vegetal y nuevo agente de control biológico de enfermedades vegetales*. *Agrícola Vergel*, noviembre, 597-599.
- Parets, S. E. (2002). *Evaluación agronómica de la coinoculación de micorrizas arbusculares, Rhizobium phaseoli y Trichoderma harzianum en el cultivo de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana.
- PROCAFE. (2003). *Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café – disuelve sus fertilizantes y ahorra 40% o más, utilizando la técnica Drench*. Salvadoreña – Cuba.
- Redobledo y Vicente. (1988). *Aplicación de los plásticos en la agricultura*. Ediciones Mundi Prensa, España 23-30p.

- Repo - Carrasco, R. Espinoza, C. (2001). *Introducción de cultivos andinos*. FAO Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM).Lima, Perú 33-44 p.
- Repo-Carrasco, R. (1992). *Introducción a la ciencia y la tecnología de cereales y de Granos Andinos*. Lima. 137p.
- Resky T.C. y Hernández R. (2001). *Influencia de Trichoderma spp en el desarrollo y rendimiento de phaseolus Vulgaris l*. Variedad. Univercidad de Holguin-Cuba Cueto 259p.
- Riker, A.J. y Riker, R.S. (1968). *Introduction to research on plant diseases*. St. Louis, Mo., John S. Swift, Estados Unidos de América 1936.177 p.
- Rivas, W. (2001). *Evaluación de solarización de tres dosis de Trichoderma harzianum Rifai para el agricultor ecuatoriano*. 1era ed. Impresión artes grafica Silva COFENAC. Quito, Ecuador 5-18p.
- Santana, A. (2003). *Efecto de la inoculación de Rhizobium etli y Trichoderma viride sobre el crecimiento aéreo y radicular de Capsicum annum var. Longum T*. Revista Científica. Facultad de Ciencias Biologicas- Universidad Nacional de Trujillo 21p.
- Smith, R.S. (1967). *Control de ácaros tarsonémidos en cultivos fúngicos*. Mycologia 59p.
- Stefanova, M.; Leiva, A.; Larrinaga, L.; Coronado, M. F. (2006). *Actividad metabólica de cepas de Trichoderma spp., para el control de hongos fitopatógenos del suelo*. Universidad de Zulia - Venezuela Rev. FAc. Agron; 509 – 516p.
- Sudo, M. M. (2005). *Selecao de isolados de Trichoderma Spp. para o tratamento de sementes de tomate visando a protecao contra patógenos de solo e de armazenamento e promocao de crescimento*. Tesis de maestría, Universidad Federal Rural de Río de Janeiro, Instituto de Agronomía, río de Janeiro.

- Tapia, C. (1999). *Efecto de localidades en el contenido de proteínas en quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Tesis Ing. Agro. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Puno, Perú. 97 p.
- Tapia, M. (1997). *Cultivos Andinos Sub- explotados y su Aporte a la Alimentación*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 205 p.
- Thompson, M. (1962). *El Suelo y su Fertilidad*. Barcelona – España., Traducido a versión española por R.Clarq. Edit. Reverte.SA.282 p.
- Torres, E. (2008). *Efecto de Trichoderma harzianum (Rifai) sobre el crecimiento de plantas de tomate (Lycopersicon esculentum L.)*. Nota Técnica. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA-CENIAP Maracay, estado Aragua. 2 Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Botánica 8p.
- Valero, N. (2003). *Determinación del valor fertilizante de microorganismos solubilizadores de fosfato en cultivos de arroz*. Bogotá 169-183p
- Vásquez, V. (1990). *Experimentación Agrícola*. Editorial Amaru. Lima-Perú 125-127p.
- Vinale, F.; Sivasithamparam, K.; Ghisalberti, E. L.; Marra, R.; Woo, S. L.; Lorito, M. (2008) *Trichoderma-plantpathogen interactions*. *Soil Biology & Biochemistry* 40:1-10.
- Verma M, Brar S.k., Tyagi R.D., y Valero J.R. (2007). *Antagonistic fungi, Trichoderma spp: panoply of biological control*. *Biochemical Engineering journal* 37:1-20
- Wakelin, Windham, M., Elad, y Baker, R. (1999). *Un mecanismo para aumentar el crecimiento de las plantas inducido por Trichoderma spp*. *Phytopathol*. Estados Unidos 76p.

Zendy, F. (1952). *El Estiércol Artificial*. Instituto de suelos y Aerotecnia Dirección General de Investigación Agrícola Buenos Aires de Argentina.

WEB GRAFÍA

<http://www.Agrobanco.com>. Pe 2012.Revista técnica Agropecuaria.

Iab. 2013. *Trichoderma harzianum* disponible en:

http://www.iabiotec.com/trichod_ficha.htm>

<http://www.Wikipedia> 2013, Concepto de inocular

<http://www.Wikipedia> 2013, Definición de biomasa

<http://coin.FAO.2013.org/coin-static/cms/media/16/13709778026640/produccion-de-quinua-organica.pdf>

www.fao.org/quinoa-2013/home/es

www.infojardin.Trichoderma.com/2008

www.Care.Micronutrientes/org.pe/2012

ANEXOS

EVALUACION DE ALTURA DE PLANTA EN CULTIVO DE QUINUA VAR.

SALCEDO INIA

Cuadro 33. Análisis de varianza para altura de planta en la primera evaluación a los 68 días después de la siembra (Inicio de panojamiento)

| Fuente de variación | Grados de Libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 6.8006667 | 6.8006667 | 0.26 | 4.04 | 7.19 | N.S. | 0.6132 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 369.7333333 | 73.9466667 | 2.82 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0262 |
| IxC | 5 | 200.0973333 | 40.0194667 | 1.52 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.2001 |
| Error | 48 | 1260.536000 | 26.261167 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 1837.167333 | | | | | | |

CV=10.23%

Prom. gral.=50.08

Cuadro 34. Análisis de varianza para altura de planta en la segunda evaluación a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación(I) | 1 | 0.8640000 | 0.8640000 | 0.02 | 4.04 | 7.19 | N.S. | 0.8781 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 747.0980000 | 149.4196000 | 4.11 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0035 |
| I x C | 5 | 288.6080000 | 57.7216000 | 1.59 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.1814 |
| Error | 48 | 1744.324000 | 36.340083 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 2780.894000 | | | | | | |

CV=10.56%

Prom. gral.=57.11

Cuadro 35. Análisis de varianza para altura de planta en la tercera evaluación a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 5434.016667 | 5434.016667 | 88.39 | 4.04 | 7.19 | ** | <.0001 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 1898.750000 | 379.750000 | 6.18 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0002 |
| I x C | 5 | 258.083333 | 51.616667 | 0.84 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.5283 |
| Error | 48 | 2950.80000 | 61.47500 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 10541.65000 | | | | | | |

CV=6.84%

Prom. gral.=114.65

Cuadro 36. Análisis de varianza para altura de planta en la cuarta evaluación a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 2257.066667 | 2257.066667 | 20.46 | 4.04 | 7.19 | ** | <.0001 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 2443.333333 | 488.666667 | 4.43 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0021 |
| I x C | 5 | 227.133333 | 45.426667 | 0.41 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.8383 |
| Error | 48 | 5296.40000 | 110.34167 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 10223.93333 | | | | | | |

CV=8.67%

Prom. gral.=121.03

Cuadro 37. Análisis de varianza para altura de planta en la quinta evaluación a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 1904.066667 | 1904.066667 | 16.77 | 4.04 | 7.19 | ** | 0.0002 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> sp (C) | 5 | 2237.000000 | 447.400000 | 3.94 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0045 |
| I x C | 5 | 152.733333 | 30.546667 | 0.27 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.9278 |
| Error | 48 | 5449.600000 | 113.533333 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 9743.400000 | | | | | | |

CV=8.67%

Prom. gral.=122.90

EVALUACION DE NUMERO DE HOJA POR PLANTA DE QUINUA

VAR.SALCEDO INIA

Cuadro 38. Análisis de varianza para número de hojas en la primera evaluación a los 68 días después de la siembra (Inicio de panojamiento)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación(I) | 1 | 0.1500000 | 0.1500000 | 0.01 | 4.04 | 7.19 | N.S. | 0.9399 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 562.6833333 | 112.5366667 | 4.32 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0025 |
| I x C | 5 | 156.5500000 | 31.3100000 | 1.20 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.3231 |
| Error | 48 | 1251.600000 | 26.075000 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 1970.983333 | | | | | | |

CV=14.19%

Prom. gral.=35.98

Cuadro 39. Análisis de varianza para número de hojas en la segunda evaluación a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación(I) | 1 | 8.816667 | 8.816667 | 0.17 | 4.04 | 7.19 | N.S | 0.6815 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 1042.483333 | 208.496667 | 4.03 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0039 |
| I x C | 5 | 351.283333 | 70.256667 | 1.36 | 2.41 | 3.43 | N.S | 0.2566 |
| Error | 48 | 2482.400000 | 51.716667 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 3884.983333 | | | | | | |

CV=15.70%

Prom. gral.=45.82

Cuadro 40. Análisis de varianza para número de hojas en la tercera evaluación a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación(I) | 1 | 2208.266667 | 2208.266667 | 9.80 | 4.04 | 7.19 | ** | 0.0030 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 2790.000000 | 558.000000 | 2.48 | 2.41 | 3.43 | * | 0.0448 |
| IxC | 5 | 1249.133333 | 249.826667 | 1.11 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.3682 |
| Error | 48 | 10813.60000 | 225.28333 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 17061.00000 | | | | | | |

CV=14.23%

Prom. gral.=105.50

Cuadro 41. Análisis de varianza para número de hojas en la cuarta evaluación a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 331.350000 | 331.350000 | 2.01 | 4.04 | 7.19 | N.S. | 0.1626 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> sp (C) | 5 | 2088.683333 | 417.736667 | 2.54 | 2.41 | 3.43 | * | 0.0408 |
| I x C | 5 | 930.950000 | 186.190000 | 1.13 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.3573 |
| Error | 48 | 7907.20000 | 164.73333 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 11258.18333 | | | | | | |

CV=12.25%

Prom. gral.=104.78

Cuadro 42. Análisis de varianza para número de hojas en la quinta evaluación a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 25.350000 | 25.350000 | 0.10 | 4.04 | 7.19 | N.S. | 0.7583 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> sp (C) | 5 | 5016.283333 | 1003.256667 | 3.79 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0057 |
| I x C | 5 | 1474.550000 | 294.910000 | 1.11 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.3653 |
| Error | 48 | 12700.40000 | 264.59167 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 19216.58333 | | | | | | |

CV=16.84%

Prom. gral.=96.58

EVALUACION DE DIAMETRO DE TALLO

Cuadro 43. Análisis de varianza para diámetro de tallo en la primera evaluación a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 2.54616000 | 2.54616000 | 3.08 | 4.04 | 7.19 | N.S. | 0.0857 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 8.43953333 | 1.68790667 | 2.04 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.0895 |
| I x C | 5 | 3.55402000 | 0.71080400 | 0.86 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.5150 |
| Error | 48 | 39.68496000 | 0.82677000 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 54.22467333 | | | | | | |

CV=11.41%

Prom. gral.=7.97

Cuadro 44. Análisis de varianza para diámetro de tallo en la segunda evaluación a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 6.49446000 | 6.49446000 | 12.37 | 4.04 | 7.19 | ** | 0.0010 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 13.90369333 | 2.78073867 | 5.30 | 2.41 | 3.43 | ** | 0.0006 |
| I x C | 5 | 1.24486000 | 0.24897200 | 0.47 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.7936 |
| Error | 48 | 25.19776000 | 0.52495333 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 46.84077333 | | | | | | |

CV=8.03%

Prom. gral.=9.02

Cuadro 45. Análisis de varianza para diámetro de tallo en la tercera evaluación a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 6.00400667 | 6.00400667 | 14.19 | 4.04 | 7.19 | ** | 0.0005 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 14.13123333 | 2.82624667 | 6.68 | 2.41 | 3.43 | ** | <.0001 |
| I x C | 5 | 1.23297333 | 0.24659467 | 0.58 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.7130 |
| Error | 48 | 20.31276000 | 0.42318250 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 41.68097333 | | | | | | |

CV=7.03%

Prom. gral.=9.25

Cuadro 46. Análisis de varianza para diámetro de tallo en la cuarta evaluación a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica)

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. | Pr > F |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| Método de inoculación (I) | 1 | 5.21560167 | 5.21560167 | 13.68 | 4.04 | 7.19 | ** | 0.0006 |
| Cepas de <i>Trichoderma</i> (C) | 5 | 12.66428833 | 2.53285767 | 6.64 | 2.41 | 3.43 | ** | <.0001 |
| I x C | 5 | 1.14512833 | 0.22902567 | 0.60 | 2.41 | 3.43 | N.S. | 0.6997 |
| Error | 48 | 18.30484000 | 0.38135083 | | | | | |
| Total correcto | 59 | 37.32985833 | | | | | | |

CV=6.62%

Prom. gral.=9.33

EVALUACION DE LONGITUD RADICULAR

Cuadro 47. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de *Trichoderma* sp sobre longitud de raíces

| Orden de mérito | Método de aplicación | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Promedio de longitud de raíz (cm) | Sig.≤0.05 |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| 1 | Semilla peletizada | T.E7 | 52.71 | a |
| 2 | Semilla peletizada | T.E.126 | 51.47 | a |
| 3 | Semilla peletizada | T.E.5 | 46.93 | b |
| 4 | Semilla peletizada | T.E.55 | 45.27 | b c |
| 5 | Via Drench suelo | T.E.5 | 45.20 | b c |
| 6 | Via Drench suelo | T.E.7 | 43.92 | c |
| 7 | Semilla peletizada | T.E.3 | 41.19 | d |
| 8 | Via Drench suelo | T.E55 | 41.05 | d |
| 9 | Via Drench suelo | T.E.126 | 39.30 | d e |
| 10 | Via Drench suelo | T.E.3 | 39.00 | e |
| 11 | Semilla peletizada | TEST. | 31.62 | f |
| 12 | Via Drench suelo | TEST. | 27.72 | g |

Cuadro 48. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de *Trichoderma* sp sobre peso fresco de biomasa radicular de la planta de quinua

| Orden de mérito | Método de inoculación | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Peso fresco de la raíz de la planta de quinua (g) | Sig.≤0.05 |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|---|-----------|
| 1 | Semilla peletizada | T.E.126 | 9.912 | a |
| 2 | Semilla peletizada | T.E.5 | 6.455 | b |
| 3 | Semilla peletizada | T.E.55 | 6.221 | b |
| 4 | Semilla peletizada | T.E.7 | 5.948 | b |
| 5 | Via Drench suelo | T.E.3 | 5.885 | b |
| 6 | Via Drench suelo | T.E.126 | 5.752 | b |
| 7 | Via Drench suelo | T.E.55 | 5.704 | b |
| 8 | Via Drench suelo | T.E.5 | 5.636 | b |
| 9 | Via Drench suelo | T.E.7 | 5.622 | b |
| 10 | Semilla peletizada | T.E.3 | 5.484 | b |
| 11 | Via Drench suelo | Testigo | 4.229 | c |
| 12 | Semilla peletizada | Testigo | 4.165 | c |

Cuadro 49. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de *Trichoderma* sobre peso fresco de biomasa aérea de planta de quinua

| Orden de mérito | Método de inoculación | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Peso fresco de la parte aérea de la planta de quinua (g) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|--|-------------|
| 1 | Semilla peletizada | T.E.5 | 84.322 | a |
| 2 | Semilla peletizada | T.E.126 | 82.818 | a |
| 3 | Semilla peletizada | T.E.7 | 78.890 | a |
| 4 | Via Drench suelo | T.E.3 | 74.390 | a |
| 5 | Via Drench suelo | T.E.5 | 74.301 | a |
| 6 | Semilla peletizada | T.E.3 | 73.906 | a |
| 7 | Semilla peletizada | T.E.55 | 73.379 | a |
| 8 | Via Drench suelo | T.E.7 | 64.918 | a |
| 9 | Via Drench suelo | T.E.55 | 64.080 | a |
| 10 | Via Drench suelo | T126 | 62.146 | a |
| 11 | Semilla peletizada | Testigo | 58.884 | a |
| 12 | Via Drench suelo | Testigo | 57.344 | a |

Cuadro 50. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de *Trichoderma* sp sobre peso seco de la parte aérea de planta de quinua

| Orden de mérito | Método de inoculación | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Peso seco de la parte aérea de la planta de quinua (g) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|--|-------------|
| 1 | Semilla peletizada | T.E.5 | 8.734 | a |
| 2 | Semilla peletizada | T.E.126 | 7.983 | a |
| 3 | Semilla peletizada | T.E.7 | 7.751 | a |
| 4 | Via Drench suelo | T.E.5 | 7.668 | a |
| 5 | Via Drench suelo | T.E.3 | 7.579 | a |
| 6 | Semilla peletizada | T.E.55 | 7.493 | a |
| 7 | Semilla peletizada | T.E.3 | 7.057 | a |
| 8 | Via Drench suelo | T.E.55 | 6.487 | a |
| 9 | Via Drench suelo | T.E.7 | 6.456 | a |
| 10 | Via Drench suelo | T.E.126 | 6.340 | a |
| 11 | Semilla peletizada | Testigo | 6.251 | a |
| 12 | Via Drench suelo | Testigo | 5.794 | a |

Cuadro 51. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de *Trichoderma* sp sobre peso de biomasa radicular seco de la planta de quinua

| Orden de mérito | Método de inoculación | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Peso seco de la raíz de la planta de quinua (g) | Sig.≤0.05 |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|---|-----------|
| 1 | Semilla peletizada | T.E.126 | 1.395 | a |
| 2 | Semilla peletizada | T.E.5 | 1.363 | a |
| 3 | Semilla peletizada | T.E.55 | 1.301 | a b |
| 4 | Via Drench suelo | T.E.3 | 1.182 | a b c |
| 5 | Semilla peletizada | T.E.7 | 1.105 | b c d |
| 6 | Via Drench suelo | T.E.126 | 1.068 | c d |
| 7 | Via Drench suelo | T.E.5 | 1.039 | c d |
| 8 | Via Drench suelo | T.E.55 | 1.015 | c d |
| 9 | Via Drench suelo | T.E.7 | 1.002 | c d |
| 10 | Semilla peletizada | T.E.3 | 0.916 | d e |
| 11 | Via Drench suelo | Testigo | 0.792 | e |
| 12 | Semilla peletizada | Testigo | 0.775 | e |

Cuadro 52. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre el factor métodos de inoculación por factor cepas de *Trichoderma* sp sobre rendimiento de semillas

| Orden de mérito | Métodos de aplicación | Cepas de <i>Trichoderma</i> sp | Promedio (kg/ha) | Sig.≤0.05 |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|-----------|
| 1 | Via Drench suelo | T.E.3 | 4147.55 | a |
| 2 | Via Drench suelo | T.E.55 | 4009.50 | a b |
| 3 | Semilla peletizada | T.E.7 | 3920.85 | a b c |
| 4 | Via Drench suelo | T.E.7 | 3866.55 | a b c |
| 5 | Semilla peletizada | T.E.3 | 3456.35 | a b c d |
| 6 | Semilla peletizada | T.E.126 | 3393.95 | b c d |
| 7 | Via Drench suelo | T.E.5 | 3351.85 | b c d |
| 8 | Semilla peletizada | T.E.5 | 3222.65 | c d |
| 9 | Via Drench suelo | T.E.126 | 3045.35 | d |
| 10 | Semilla peletizada | T.E.55 | 2948.20 | d |
| 11 | Semilla peletizada | Testigo | 1506.90 | e |
| 12 | Via Drench suelo | Testigo | 1318.30 | e |

Cuadro 53. Primera evaluación de altura de plantas a los 68 días después de la siembra (Inicio de panojamiento)

| Repetición | II=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | |
|------------|------------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 54.0 | 64.0 | 49.5 | 28.7 | 46.5 | 45.0 | 54.0 | 48.0 | 61.3 | 49.0 | 61.0 | 52.7 |
| 2 | 53.0 | 49.2 | 51.5 | 44.0 | 53.5 | 52.0 | 49.0 | 55.0 | 46.5 | 51.0 | 53.0 | 46.0 |
| 3 | 59.0 | 49.0 | 46.0 | 52.8 | 55.0 | 49.0 | 53.0 | 49.3 | 49.0 | 48.0 | 50.0 | 40.0 |
| 4 | 53.0 | 49.0 | 40.0 | 47.0 | 48.0 | 46.0 | 49.0 | 48.8 | 57.0 | 47.0 | 54.0 | 41.0 |
| 5 | 50.5 | 57.0 | 44.0 | 54.0 | 53.0 | 49.0 | 57.0 | 47.5 | 47.0 | 51.3 | 50.0 | 47.0 |
| Total | 269.50 | 268.20 | 231.00 | 46.50 | 256.00 | 241.00 | 262.00 | 248.60 | 260.80 | 246.30 | 268.00 | 226.70 |
| Promedio | 53.90 | 53.64 | 46.20 | 45.30 | 51.20 | 48.20 | 52.40 | 49.72 | 52.16 | 49.26 | 53.60 | 45.34 |
| Prom. M | 49.74 | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 53.15 | 51.68 | | | | 49.18 | 47.28 | 52.40 | | | | 46.77 |

Cuadro 54. Segunda evaluación de altura de plantas a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Repetición | II=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | |
|------------|------------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 62.5 | 72.1 | 54 | 36.0 | 56.0 | 52.0 | 59.0 | 58.0 | 69.0 | 55.0 | 65.0 | 59.0 |
| 2 | 60.0 | 59.3 | 54.3 | 47.0 | 58.0 | 60.0 | 52.0 | 59.2 | 62.0 | 64.0 | 61.0 | 51.0 |
| 3 | 67.0 | 57.0 | 53 | 60.5 | 65.0 | 41.0 | 58.0 | 55.0 | 56.0 | 53.0 | 60.0 | 44.0 |
| 4 | 61.0 | 57.0 | 61 | 58.0 | 55.0 | 52.0 | 55.0 | 53.0 | 65.0 | 53.0 | 68.0 | 47.0 |
| 5 | 58.2 | 63.0 | 58 | 63.0 | 60.0 | 56.0 | 64.0 | 56.5 | 53.0 | 62.0 | 54.0 | 39.0 |
| Total | 308.70 | 308.40 | 280.30 | 264.50 | 294.00 | 261.00 | 288.00 | 281.70 | 305.00 | 287.00 | 308.00 | 240.00 |
| Promedio | 61.74 | 61.68 | 56.06 | 52.90 | 58.80 | 52.20 | 57.60 | 56.34 | 61.00 | 57.40 | 61.60 | 48.00 |
| Prom. M | 9.00 | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 59.67 | 59.01 | | | | 58.53 | 55.15 | 60.20 | | | | 50.10 |

Cuadro 55. Tercera evaluación de altura de plantas a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|--------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | |
| 1 | 107.0 | 99.0 | 103.0 | 108.0 | 114.0 | 99.0 | 122.0 | 142.0 | 119.0 | 133.0 | 115.0 | 120.0 | |
| 2 | 109.0 | 105.0 | 110.0 | 113.0 | 116.0 | 100.0 | 132.0 | 114.0 | 140.0 | 127.0 | 130.0 | 101.0 | |
| 3 | 110.0 | 111.0 | 100.0 | 100.0 | 109.0 | 104.0 | 124.0 | 117.0 | 135.0 | 139.0 | 133.0 | 106.0 | |
| 4 | 108.0 | 110.0 | 99.0 | 115.0 | 109.0 | 100.0 | 131.0 | 127.0 | 139.0 | 116.0 | 126.0 | 103.0 | |
| 5 | 110.0 | 95.0 | 111.0 | 100.0 | 101.0 | 79.0 | 130.0 | 130.0 | 115.0 | 120.0 | 128.0 | 111.0 | |
| Total | 544.00 | 520.00 | 523.00 | 47.00 | 549.00 | 482.00 | 639.00 | 630.00 | 648.00 | 635.00 | 632.00 | 541.00 | |
| Promedio | 108.80 | 104.00 | 104.60 | 107.20 | 109.80 | 96.40 | 127.80 | 126.00 | 129.60 | 127.00 | 126.40 | 108.20 | |
| Prom. M | 105.13 | | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 118.30 | | | | | | 117.10 | | | | | | 102.30 |

Cuadro 56. Cuarta evaluación de altura de plantas a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|--------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | |
| 1 | 108.0 | 113.0 | 111.0 | 118.0 | 115.0 | 101.0 | 122.0 | 144.0 | 121.0 | 136.0 | 128.0 | 132.0 | |
| 2 | 130.0 | 117.0 | 117.0 | 119.0 | 131.0 | 115.0 | 153.0 | 115.0 | 144.0 | 132.0 | 135.0 | 107.0 | |
| 3 | 114.0 | 123.0 | 114.0 | 100.0 | 109.0 | 110.0 | 129.0 | 132.0 | 137.0 | 128.0 | 134.0 | 109.0 | |
| 4 | 128.0 | 133.0 | 100.0 | 115.0 | 111.0 | 102.0 | 133.0 | 130.0 | 142.0 | 108.0 | 129.0 | 87.0 | |
| 5 | 128.0 | 121.0 | 120.0 | 117.0 | 114.0 | 93.0 | 133.0 | 133.0 | 118.0 | 129.0 | 111.0 | 124.0 | |
| Total | 608.00 | 607.00 | 562.00 | 0.00 | 580.00 | 521.00 | 670.00 | 654.00 | 662.00 | 633.00 | 637.00 | 559.00 | |
| Promedio | 121.60 | 121.40 | 112.40 | 113.80 | 116.00 | 104.20 | 134.00 | 130.80 | 132.40 | 126.60 | 127.40 | 111.80 | |
| Prom. M | 114.90 | | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 127.80 | | | | | | 122.40 | | | | | | 108.00 |

Cuadro 57. Quinta evaluación de altura de plantas a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----------------------|------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.5 | T5=T.E.55 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 118.0 | 117.0 | 117.0 | 118.0 | 119.0 | 101.0 | 123.0 | 145.0 | 122.0 | 136.0 | 129.0 | 101.0 | 123.0 | 145.0 | 122.0 | 136.0 | 129.0 | 134.0 |
| 2 | 130.0 | 119.0 | 119.0 | 120.0 | 133.0 | 116.0 | 165.0 | 118.0 | 146.0 | 132.0 | 136.0 | 116.0 | 165.0 | 118.0 | 146.0 | 132.0 | 136.0 | 109.0 |
| 3 | 115.0 | 123.0 | 114.0 | 117.0 | 110.0 | 115.0 | 119.0 | 133.0 | 137.0 | 129.0 | 134.0 | 115.0 | 119.0 | 133.0 | 137.0 | 129.0 | 134.0 | 110.0 |
| 4 | 118.0 | 122.0 | 110.0 | 117.0 | 112.0 | 110.0 | 136.0 | 132.0 | 145.0 | 110.0 | 129.0 | 110.0 | 136.0 | 132.0 | 145.0 | 110.0 | 129.0 | 88.0 |
| 5 | 128.0 | 127.0 | 127.0 | 118.0 | 115.0 | 93.0 | 133.0 | 139.0 | 119.0 | 130.0 | 113.0 | 93.0 | 133.0 | 139.0 | 119.0 | 130.0 | 113.0 | 125.0 |
| Total | 609.00 | 608.00 | 587.00 | 0.00 | 589.00 | 535.00 | 676.00 | 667.00 | 669.00 | 637.00 | 641.00 | 535.00 | 676.00 | 667.00 | 669.00 | 637.00 | 641.00 | 566.00 |
| Promedio | 121.80 | 121.60 | 117.40 | 118.00 | 117.80 | 107.00 | 135.20 | 133.40 | 133.80 | 127.40 | 128.20 | 107.00 | 135.20 | 133.40 | 133.80 | 127.40 | 128.20 | 113.20 |
| Prom. M | 117.27 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 128.50 | 127.50 | 125.60 | 122.70 | 123.00 | 110.10 | 122.70 | 123.00 | 123.00 | 110.10 | 110.10 | 122.70 | 123.00 | 123.00 | 110.10 | 110.10 | 110.10 | 110.10 |

EVALUACION DE NUMERO DE HOJAS

Cuadro 58. Primera evaluación de número de hojas de quinua a los 68 días después de la siembra (Inicio de panojamiento)

| Repetición | II=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|-------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | |
| 1 | 42.0 | 40.0 | 32.0 | 18.0 | 32.0 | 35.0 | 37.0 | 46.0 | 46.0 | 34.0 | 46.0 | 36.0 | |
| 2 | 40.0 | 43.0 | 36.0 | 39.0 | 32.0 | 35.0 | 37.0 | 38.0 | 32.0 | 46.0 | 32.0 | 26.0 | |
| 3 | 42.0 | 38.0 | 31.0 | 34.0 | 35.0 | 33.0 | 36.0 | 47.0 | 30.0 | 34.0 | 32.0 | 32.0 | |
| 4 | 42.0 | 38.0 | 31.0 | 39.0 | 32.0 | 31.0 | 36.0 | 35.0 | 42.0 | 30.0 | 40.0 | 26.0 | |
| 5 | 42.0 | 43.0 | 34.0 | 41.0 | 40.0 | 31.0 | 37.0 | 36.0 | 30.0 | 42.0 | 31.0 | 26.0 | |
| Total | 208.00 | 202.00 | 164.00 | 0.00 | 171.00 | 165.00 | 183.00 | 202.00 | 180.00 | 186.00 | 181.00 | 146.00 | |
| Promedio | 41.60 | 40.40 | 32.80 | 34.20 | 34.20 | 33.00 | 36.60 | 40.40 | 36.00 | 37.20 | 36.20 | 29.20 | |
| Prom. M | 36.03 | | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 39.10 | 40.40 | | | | | 34.40 | 35.70 | 35.20 | | | | 31.10 |

Cuadro 59. Segunda evaluación de hojas de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Repetición | II=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|-------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | |
| 1 | 48.0 | 64.0 | 38.0 | 26.0 | 49.0 | 42.0 | 40.0 | 49.0 | 58.0 | 40.0 | 52.0 | 46.0 | |
| 2 | 49.0 | 58.0 | 52.0 | 44.0 | 42.0 | 44.0 | 42.0 | 54.0 | 52.0 | 56.0 | 48.0 | 42.0 | |
| 3 | 52.0 | 49.0 | 36.0 | 46.0 | 52.0 | 35.0 | 40.0 | 56.0 | 36.0 | 42.0 | 48.0 | 38.0 | |
| 4 | 53.0 | 44.0 | 52.0 | 47.0 | 40.0 | 35.0 | 44.0 | 42.0 | 65.0 | 40.0 | 50.0 | 34.0 | |
| 5 | 54.0 | 54.0 | 49.0 | 46.0 | 48.0 | 38.0 | 46.0 | 48.0 | 40.0 | 56.0 | 33.0 | 26.0 | |
| Total | 256.00 | 269.00 | 227.00 | 0.00 | 231.00 | 194.00 | 212.00 | 249.00 | 251.00 | 234.00 | 231.00 | 186.00 | |
| Promedio | 51.20 | 53.80 | 45.40 | 41.80 | 46.20 | 38.80 | 42.40 | 49.80 | 50.20 | 46.80 | 46.20 | 37.20 | |
| Prom. M | 46.20 | | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 46.80 | 51.80 | | | | | 47.80 | 44.30 | 46.20 | | | | 38.00 |

Cuadro 60. Tercera evaluación de número de hojas de quinua a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|-------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | |
| 1 | 108.0 | 100.0 | 100.0 | 88.0 | 110.0 | 75.0 | 90.0 | 135 | 104.0 | 90.0 | 115.0 | 99.0 | |
| 2 | 120.0 | 110.0 | 101.0 | 97.0 | 90.0 | 112.0 | 128.0 | 130 | 118.0 | 158.0 | 112.0 | 102.0 | |
| 3 | 110.0 | 125.0 | 85.0 | 89.0 | 100.0 | 98.0 | 105.0 | 100 | 100.0 | 125.0 | 137.0 | 90.0 | |
| 4 | 97.0 | 100.0 | 90.0 | 120.0 | 68.0 | 68.0 | 120.0 | 98 | 120.0 | 115.0 | 116.0 | 82.0 | |
| 5 | 115.0 | 109.0 | 116.0 | 74.0 | 110.0 | 98.0 | 122.0 | 120 | 100.0 | 120.0 | 100.0 | 96.0 | |
| Total | 550.00 | 544.00 | 492.00 | 0.00 | 478.00 | 451.00 | 565.00 | 583.00 | 542.00 | 608.00 | 580.00 | 469.00 | |
| Promedio | 110.00 | 108.80 | 98.40 | 93.60 | 95.60 | 90.20 | 113.00 | 116.60 | 108.40 | 121.60 | 116.00 | 93.80 | |
| Prom. M | 99.43 | | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 111.50 | | | | | 103.40 | | | | | 107.60 | | 92.00 |

Cuadro 61. Cuarta evaluación de números de hojas a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|-------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | |
| 1 | 100.0 | 125.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.0 | 99.0 | 129.0 | 99.0 | 99.0 | 118.0 | 100.0 | |
| 2 | 120.0 | 130.0 | 100.0 | 98.0 | 96.0 | 112.0 | 138.0 | 96.0 | 100.0 | 104.0 | 102.0 | 100.0 | |
| 3 | 102.0 | 100.0 | 97.0 | 89.0 | 98.0 | 100.0 | 109.0 | 112.0 | 119.0 | 120.0 | 108.0 | 95.0 | |
| 4 | 98.0 | 117.0 | 96.0 | 125.0 | 74.0 | 79.0 | 106.0 | 100.0 | 108.0 | 158.0 | 100.0 | 86.0 | |
| 5 | 100.0 | 100.0 | 105.0 | 112.0 | 102.0 | 99.0 | 96.0 | 99.0 | 90.0 | 126.0 | 99.0 | 99.0 | |
| Total | 520.00 | 572.00 | 498.00 | 0.00 | 470.00 | 489.00 | 548.00 | 536.00 | 516.00 | 607.00 | 527.00 | 480.00 | |
| Promedio | 104.00 | 114.40 | 99.60 | 104.80 | 94.00 | 97.80 | 109.60 | 107.20 | 103.20 | 121.40 | 105.40 | 96.00 | |
| Prom. M | 102.43 | | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 106.80 | | | | | 101.40 | | | | | 113.10 | | 96.90 |

Cuadro 62. Quinta evaluación de hojas de plantas de quinua a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 85.0 | 120.0 | 98.0 | 97.0 | 97.0 | 69.0 | 69.0 | 124.0 | 88.0 | 96.0 | 100.0 | 97.0 |
| 2 | 97.0 | 118.0 | 105.0 | 95.0 | 96.0 | 120.0 | 120.0 | 111.0 | 98.0 | 99.0 | 118.0 | 97.0 |
| 3 | 90.0 | 100.0 | 78.0 | 77.0 | 87.0 | 97.0 | 97.0 | 102.0 | 106.0 | 112.0 | 99.0 | 98.0 |
| 4 | 80.0 | 112.0 | 90.0 | 97.0 | 67.0 | 49.0 | 99.0 | 95.0 | 89.0 | 100.0 | 98.0 | 93.0 |
| 5 | 96.0 | 177.0 | 96.0 | 108.0 | 100.0 | 80.0 | 98.0 | 97.0 | 87.0 | 99.0 | 83.0 | 70.0 |
| Total | 448.00 | 627.00 | 467.00 | 0.00 | 447.00 | 415.00 | 461.00 | 529.00 | 468.00 | 506.00 | 498.00 | 455.00 |
| Promedio | 89.60 | 125.40 | 93.40 | 94.80 | 89.40 | 83.00 | 92.20 | 105.80 | 93.60 | 101.20 | 99.60 | 91.00 |
| Prom. M | 95.93 | | | | | 97.23 | | | | | | |
| Prom. C | 90.90 | | 115.60 | | | 93.50 | | 98.00 | | 94.50 | | 87.00 |

EVALUACION DE DIAMETRO DE TALLO

Cuadro 63. Primera evaluación de diámetro de tallos de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla pelletizada | | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|------------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|--|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | |
| 1 | 9.0 | 7.9 | 8.6 | 6.4 | 9.7 | 6.9 | 8.9 | 7.7 | 8.3 | 7.9 | 7.5 | 7.3 | |
| 2 | 9.5 | 11.2 | 8.5 | 8.1 | 8.4 | 7.1 | 7.4 | 8.2 | 9.6 | 7.7 | 9.1 | 8.4 | |
| 3 | 8.2 | 7.7 | 7.9 | 8.7 | 8.5 | 7.2 | 7.7 | 8.7 | 7.2 | 8.9 | 7.0 | 6.4 | |
| 4 | 7.9 | 7.7 | 7.3 | 8.3 | 8.2 | 7.3 | 8.4 | 8.3 | 8.3 | 6.7 | 6.5 | 6.9 | |
| 5 | 8.1 | 7.3 | 8.2 | 8.4 | 9.2 | 7.9 | 7.1 | 7.3 | 6.7 | 9.6 | 7.0 | 6.1 | |
| Total | 42.84 | 41.77 | 40.48 | 0.00 | 43.86 | 36.36 | 39.56 | 40.20 | 40.12 | 40.72 | 37.14 | 35.05 | |
| Promedio | 8.57 | 8.35 | 8.10 | 7.97 | 8.77 | 7.27 | 7.91 | 8.04 | 8.02 | 8.14 | 7.43 | 7.01 | |
| Prom. M | 8.17 | | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 8.24 | 8.20 | | | | 8.06 | 8.06 | | | | 8.10 | 7.14 | |

Cuadro 64. Segunda evaluación de diámetro de tallos de quinua a los 127 días después de la siembra (Grano lechoso)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla Inoculada | | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|--|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | |
| 1 | 9.0 | 8.4 | 8.2 | 8.3 | 9.7 | 8.3 | 9.5 | 9.4 | 8.8 | 9.5 | 10.9 | 8.1 | |
| 2 | 7.6 | 9.0 | 8.5 | 8.4 | 10.0 | 7.6 | 10.8 | 11.2 | 9.6 | 9.5 | 10.0 | 7.6 | |
| 3 | 8.8 | 9.8 | 8.8 | 7.0 | 8.6 | 8.4 | 9.2 | 10.5 | 9.1 | 9.7 | 9.4 | 8.7 | |
| 4 | 10.1 | 9.7 | 8.3 | 8.0 | 7.9 | 7.5 | 9.3 | 9.6 | 10.2 | 8.4 | 10.2 | 7.8 | |
| 5 | 9.7 | 8.8 | 9.8 | 9.4 | 8.8 | 8.8 | 9.6 | 9.3 | 8.6 | 8.8 | 8.5 | 8.9 | |
| Total | 45.09 | 45.61 | 43.61 | 0.00 | 44.86 | 40.54 | 48.38 | 50.02 | 46.26 | 45.85 | 49.02 | 41.02 | |
| Promedio | 9.02 | 9.12 | 8.72 | 8.22 | 8.97 | 8.11 | 9.68 | 10.00 | 9.25 | 9.17 | 9.80 | 8.20 | |
| Prom. M | 8.69 | | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 9.35 | 9.56 | | | | 8.99 | 8.70 | | | | 9.39 | 8.16 | |

Cuadro 65. Tercera evaluación de diámetro de tallos de quinua a los 157 días después de la siembra (Grano pastoso)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 9.0 | 8.4 | 8.7 | 8.4 | 9.7 | 8.4 | 9.6 | 9.9 | 8.8 | 9.7 | 11.0 | 8.1 |
| 2 | 9.0 | 9.3 | 8.6 | 8.9 | 10.0 | 8.0 | 10.8 | 11.2 | 9.8 | 9.7 | 10.0 | 8.6 |
| 3 | 8.9 | 9.9 | 8.8 | 8.3 | 8.7 | 8.7 | 9.4 | 10.8 | 9.8 | 9.8 | 9.5 | 8.7 |
| 4 | 10.4 | 9.8 | 8.7 | 8.4 | 7.9 | 7.5 | 9.7 | 10.0 | 10.2 | 8.4 | 11.0 | 7.9 |
| 5 | 9.8 | 8.8 | 9.8 | 9.4 | 9.5 | 8.8 | 9.8 | 9.7 | 8.9 | 8.8 | 8.6 | 8.9 |
| Total | 47.05 | 46.10 | 44.41 | 0.00 | 45.73 | 41.31 | 49.38 | 51.60 | 47.43 | 46.33 | 49.94 | 42.23 |
| Promedio | 9.41 | 9.22 | 8.88 | 8.67 | 9.15 | 8.26 | 9.88 | 10.32 | 9.49 | 9.27 | 9.99 | 8.45 |
| Prom. M | 8.93 | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 9.64 | 9.77 | 9.18 | 8.97 | 9.57 | 8.35 | | | | | | |

Cuadro 66. Cuarta evaluación de diámetro de tallos de quinua a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 9.5 | 9.8 | 8.7 | 8.4 | 9.7 | 8.4 | 9.6 | 9.9 | 8.8 | 9.7 | 11.0 | 9.1 |
| 2 | 9.5 | 9.3 | 8.6 | 8.9 | 10.0 | 8.8 | 10.8 | 11.2 | 9.9 | 9.7 | 10.0 | 8.6 |
| 3 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 8.0 | 8.9 | 8.7 | 9.4 | 10.8 | 9.8 | 10.1 | 9.8 | 8.7 |
| 4 | 9.4 | 9.8 | 8.7 | 8.4 | 7.9 | 7.5 | 9.3 | 10.0 | 10.4 | 8.4 | 11.0 | 7.9 |
| 5 | 9.8 | 8.8 | 9.8 | 9.4 | 9.5 | 8.8 | 9.8 | 9.7 | 8.9 | 8.8 | 8.8 | 8.9 |
| Total | 47.71 | 47.12 | 45.11 | 0.00 | 45.93 | 42.13 | 49.00 | 51.61 | 47.80 | 46.66 | 50.42 | 43.23 |
| Promedio | 9.54 | 9.42 | 9.02 | 8.61 | 9.19 | 8.43 | 9.80 | 10.32 | 9.56 | 9.33 | 10.08 | 8.65 |
| Prom. M | 9.03 | | | | | | | | | | | |
| Prom. C | 9.67 | 9.87 | 9.29 | 8.97 | 9.64 | 8.54 | | | | | | |

EVALUACION DE LONGITUD RADICULAR

Cuadro 67. Evaluación de longitud radicular de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|------------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4 =T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4 =T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 38.9 | 43.1 | 47.0 | 41.9 | 39.2 | 27.1 | 41.6 | 55.5 | 47.3 | 47.3 | 50.6 | 31.2 |
| 2 | 39.0 | 40.7 | 42.7 | 41.4 | 38.7 | 29.2 | 40.3 | 52.9 | 46.9 | 43.7 | 50.4 | 31.7 |
| 3 | 39.4 | 46.0 | 44.2 | 40.4 | 39.7 | 27.3 | 41.1 | 50.0 | 46.6 | 42.1 | 50.8 | 32.4 |
| 4 | 39.4 | 44.0 | 47.0 | 40.6 | 38.8 | 27.9 | 42.5 | 50.9 | 46.3 | 45.6 | 52.7 | 32.7 |
| 5 | 38.3 | 45.9 | 45.1 | 40.9 | 40.1 | 27.1 | 40.6 | 54.2 | 47.6 | 47.7 | 53.0 | 30.1 |
| Total | 194.99 | 219.58 | 226.02 | 0.00 | 196.50 | 138.62 | 205.97 | 263.53 | 234.63 | 226.34 | 257.34 | 158.12 |
| Promedio | 39.00 | 43.92 | 45.20 | 41.05 | 39.30 | 27.72 | 41.19 | 52.71 | 46.93 | 45.27 | 51.47 | 31.62 |
| Prom. M | 39.37 | | | | | 44.86 | | | | | | |
| Prom. C | 40.10 | | 48.31 | | 46.07 | | 43.16 | | 45.38 | | 29.67 | |

Cuadro 68. Peso fresco de biomasa radicular de las plantas de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla Peletizada | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|------------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4 =T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4 =T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 5.973 | 6.151 | 5.210 | 4.803 | 5.314 | 4.935 | 6.120 | 6.680 | 6.207 | 6.471 | 9.381 | 4.085 |
| 2 | 6.317 | 4.448 | 6.241 | 6.358 | 4.737 | 3.862 | 5.512 | 4.865 | 6.160 | 7.094 | 10.187 | 4.603 |
| 3 | 6.054 | 6.013 | 6.238 | 5.413 | 5.702 | 3.430 | 5.020 | 6.677 | 7.207 | 5.837 | 9.374 | 3.406 |
| 4 | 6.423 | 5.718 | 4.013 | 7.617 | 5.024 | 5.035 | 6.085 | 5.042 | 5.921 | 5.901 | 11.267 | 4.578 |
| 5 | 4.660 | 5.782 | 6.479 | 4.328 | 7.984 | 3.884 | 4.685 | 6.476 | 6.779 | 5.802 | 9.349 | 4.154 |
| Total | 29.427 | 28.112 | 28.181 | 9.360 | 28.761 | 21.146 | 27.422 | 29.740 | 32.274 | 31.105 | 49.558 | 20.826 |
| Promedio | 5.885 | 5.622 | 5.636 | 5.704 | 5.752 | 4.229 | 5.484 | 5.948 | 6.455 | 6.221 | 9.912 | 4.165 |
| Prom. M | 5.472 | | | | | 6.364 | | | | | | |
| Prom. C | 5.685 | | 5.785 | | 6.046 | | 5.962 | | 7.832 | | 4.197 | |

Cuadro 69. Peso fresco aéreo de biomasa de las plantas de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla Peletizada | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 72.154 | 64.232 | 65.929 | 56.594 | 62.875 | 54.589 | 90.580 | 77.062 | 81.463 | 76.994 | 78.620 | 64.871 |
| 2 | 90.118 | 35.065 | 83.639 | 67.354 | 47.547 | 70.616 | 75.579 | 73.632 | 90.165 | 72.068 | 78.666 | 60.106 |
| 3 | 70.508 | 79.784 | 83.695 | 53.836 | 60.434 | 55.946 | 66.414 | 71.859 | 94.060 | 66.011 | 82.440 | 58.930 |
| 4 | 73.070 | 80.341 | 56.432 | 72.554 | 50.286 | 74.495 | 68.871 | 81.108 | 60.945 | 90.451 | 80.675 | 75.810 |
| 5 | 66.100 | 60.979 | 81.811 | 44.084 | 65.580 | 55.086 | 68.088 | 90.787 | 94.978 | 61.370 | 93.690 | 64.875 |
| Total | 371.950 | 320.401 | 371.506 | 294.422 | 286.722 | 310.732 | 369.532 | 394.448 | 421.611 | 366.894 | 414.091 | 324.592 |
| Promedio | 74.390 | 64.080 | 74.301 | 58.884 | 57.344 | 62.146 | 73.906 | 78.890 | 84.322 | 73.379 | 82.818 | 64.918 |
| Prom. M | 65.191 | | | | | 76.372 | | | | | | |
| Prom. C | 74.148 | 71.485 | | | | 79.312 | 66.132 | | | | 70.081 | 63.532 |

Cuadro 70. Peso seco de la parte área de la planta de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Repetición | I1=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla Peletizada | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 8.277 | 6.823 | 6.503 | 6.767 | 6.479 | 6.537 | 7.000 | 7.681 | 7.485 | 9.050 | 6.930 | 5.713 |
| 2 | 6.520 | 5.129 | 8.513 | 5.523 | 6.107 | 6.352 | 8.476 | 7.153 | 8.607 | 7.300 | 8.127 | 6.156 |
| 3 | 7.396 | 6.930 | 8.561 | 6.464 | 7.288 | 5.063 | 6.946 | 7.599 | 9.925 | 7.209 | 7.170 | 5.853 |
| 4 | 9.018 | 7.186 | 6.488 | 7.997 | 5.301 | 6.361 | 6.572 | 8.295 | 8.027 | 6.767 | 7.773 | 7.969 |
| 5 | 6.686 | 6.210 | 8.277 | 5.685 | 6.523 | 4.656 | 6.290 | 8.029 | 9.647 | 7.141 | 9.916 | 5.565 |
| Total | 37.897 | 32.278 | 38.342 | 32.436 | 31.698 | 28.969 | 35.284 | 38.757 | 43.691 | 37.467 | 39.916 | 31.256 |
| Promedio | 74.390 | 64.080 | 74.301 | 58.884 | 57.344 | 62.146 | 73.906 | 78.890 | 84.322 | 73.379 | 82.818 | 64.918 |
| Prom. M | 6.721 | | | | | 7.546 | | | | | | |
| Prom. C | 7.318 | 7.104 | | | | 8.203 | 6.990 | | | | 7.161 | 6.023 |

Cuadro 71. Peso seco de raíz de la planta de quinua a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración)

| Repetición | II=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla Peletizada | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 1.098 | 0.902 | 1.121 | 1.230 | 1.140 | 0.735 | 1.084 | 1.087 | 1.225 | 1.553 | 1.410 | 0.925 |
| 2 | 1.132 | 0.86 | 0.830 | 0.982 | 0.894 | 0.789 | 1.059 | 1.323 | 1.256 | 1.173 | 1.436 | 0.734 |
| 3 | 1.308 | 1.213 | 1.116 | 1.050 | 1.229 | 0.666 | 0.967 | 1.016 | 1.372 | 1.172 | 1.265 | 0.463 |
| 4 | 0.996 | 1.139 | 1.128 | 0.925 | 1.100 | 0.910 | 0.773 | 0.894 | 1.344 | 1.422 | 1.229 | 0.904 |
| 5 | 1.377 | 0.897 | 1.000 | 0.887 | 0.978 | 0.862 | 0.696 | 1.203 | 1.616 | 1.184 | 1.633 | 0.851 |
| Total | 5.911 | 5.011 | 5.195 | 5.074 | 5.341 | 3.962 | 4.579 | 5.523 | 6.813 | 6.504 | 6.973 | 3.877 |
| Promedio | 1.182 | 1.002 | 1.039 | 1.015 | 1.068 | 0.792 | 0.916 | 1.105 | 1.363 | 1.301 | 1.395 | 0.775 |
| Prom. M | 1.016 | | | | | 1.142 | | | | | | |
| Prom. C | 1.049 | 1.053 | | | | 1.201 | 1.158 | 1.231 | | | | 0.784 |

RENDIMIENTO DE QUINUA (Kg. /Ha)

Cuadro 72. Evaluación de rendimiento de quinua a los 188 días después de la siembra (Madurez fisiológica)

| Repetición | II=Via Drench suelo | | | | | I2=Semilla peletizada | | | | | | |
|------------|---------------------|----------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo | T1=T.E.3 | T2=T.E.7 | T3=T.E.5 | T4=T.E.55 | T5=T.E.126 | T0=Testigo |
| 1 | 3304.5 | 3436.0 | 3003.0 | 3572.3 | 3183.5 | 1332.3 | 3457.5 | 4655.8 | 2682.0 | 3398.8 | 3271.3 | 1381.8 |
| 2 | 4147.5 | 3412.5 | 3727.5 | 3694.3 | 3277.8 | 1330.8 | 3323.8 | 4387.0 | 4044.0 | 2795.3 | 4381.0 | 1456.8 |
| 3 | 4631.0 | 3848.0 | 3147.5 | 4118.8 | 2769.8 | 1236.5 | 3848.0 | 4966.0 | 3686.8 | 2545.8 | 3243.8 | 1649.8 |
| 4 | 4815.3 | 4244.8 | 3152.3 | 4725.3 | 3114.0 | 1194.3 | 3316.0 | 3017.8 | 2619.0 | 2881.8 | 3490.8 | 1348.8 |
| 5 | 3839.5 | 4391.5 | 3729.0 | 3937.0 | 2881.8 | 1497.8 | 3336.5 | 2577.8 | 3081.5 | 3119.5 | 2583.0 | 1697.5 |
| Total | 20737.75 | 19332.75 | 16759.25 | 0.00 | 15226.75 | 6591.50 | 17281.75 | 19604.25 | 16113.25 | 14741.00 | 16969.75 | 7534.50 |
| Promedio | 4147.55 | 3866.55 | 3351.85 | 4009.50 | 3045.35 | 1318.30 | 3456.35 | 3920.85 | 3222.65 | 2948.20 | 3393.95 | 1506.90 |
| Prom. M | 3289.85 | | | | | 3074.82 | | | | | | |
| Prom. C | 3801.95 | 3893.70 | | | | 3287.25 | 3478.85 | 3219.65 | | | | 1412.60 |



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE SUELOS

PROCEDENCIA : TOTORANI
 INTERESADO : Br. NORA ORTIZ CALCINA
 MOTIVO : Análisis de Suelos
 MUESTREO : 22/10/2015.
 ANÁLISIS : 23/10/2015.

| # ORD | CLAVE | ANÁLISIS MECANICO | | | CLASE TEXTURAL | CO ₃ ²⁻ % | M.O. % | N. TOTAL % |
|-------|---------------|-------------------|-----------|--------|----------------|---------------------------------|--------|------------|
| | | ARENA % | ARCILLA % | LIMO % | | | | |
| 1 | T.E.1 | 33 | 28 | 39 | Franco | 0.00 | 4.32 | 0.20 |
| 2 | T.E.2 | 32 | 26 | 40 | Franco | 0.00 | 4.25 | 0.21 |
| 3 | T.E.3 | 34 | 27 | 39 | Franco | 0.00 | 4.25 | 0.23 |
| 4 | T.E.4 | 32 | 26 | 40 | Franco | 0.00 | 4.56 | 0.21 |
| 5 | T.E.5 | 33 | 29 | 38 | Franco | 0.00 | 4.15 | 0.22 |
| 6 | T6 | 34 | 26 | 40 | Franco | 0.00 | 4.33 | 0.22 |
| 7 | T.E.7 | 33 | 28 | 39 | Franco | 0.00 | 4.35 | 0.24 |
| 8 | T.E.8 | 32 | 27 | 41 | Franco | 0.00 | 4.26 | 0.21 |
| 9 | T.E.9 | 33 | 26 | 41 | Franco | 0.00 | 4.19 | 0.23 |
| 10 | T.E.10 | 32 | 29 | 39 | Franco | 0.00 | 4.32 | 0.25 |
| 11 | T.E.11 | 33 | 28 | 39 | Franco | 0.00 | 4.29 | 0.19 |
| 12 | T12 | 32 | 27 | 41 | Franco | 0.00 | 4.15 | 0.18 |
| 13 | SUELO INICIAL | 33 | 29 | 38 | Franco | 0.00 | 4.23 | 0.18 |

| # ORD | pH | C.E. mS/cm | C.E. (e) mS/cm | ELEMENTOS DISPONIBLES | | CATIONES CAMBIABLES | | | | | CIC me/100 g | S.B. % |
|-------|------|------------|----------------|-----------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|--------------|--------|
| | | | | P ppm | K ppm | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 01 | 6.75 | 1.06 | 3.65 | 9.10 | 246 | 15.20 | 3.26 | 0.22 | 0.18 | 0.00 | 19.25 | 97.97 |
| 02 | 6.72 | 0.94 | 3.67 | 10.57 | 225 | 14.10 | 3.28 | 0.23 | 0.17 | 0.00 | 18.14 | 98.02 |
| 03 | 6.80 | 0.92 | 3.69 | 9.75 | 219 | 16.23 | 3.25 | 0.21 | 0.19 | 0.00 | 20.80 | 95.58 |
| 04 | 6.75 | 0.89 | 3.65 | 9.44 | 221 | 15.92 | 3.29 | 0.22 | 0.19 | 0.00 | 20.20 | 97.13 |
| 05 | 6.73 | 0.72 | 3.12 | 10.29 | 220 | 15.20 | 3.15 | 0.24 | 0.20 | 0.00 | 20.00 | 93.95 |
| 06 | 6.85 | 0.89 | 3.21 | 10.03 | 252 | 15.12 | 3.14 | 0.23 | 0.18 | 0.00 | 19.90 | 93.82 |
| 07 | 6.78 | 1.00 | 3.92 | 9.38 | 255 | 15.31 | 3.16 | 0.24 | 0.18 | 0.00 | 19.80 | 95.40 |
| 08 | 6.76 | 0.84 | 3.62 | 10.06 | 213 | 15.23 | 3.20 | 0.22 | 0.19 | 0.00 | 19.26 | 97.82 |
| 09 | 6.77 | 0.79 | 3.23 | 9.50 | 214 | 15.34 | 3.24 | 0.25 | 0.18 | 0.00 | 20.15 | 94.34 |
| 10 | 6.79 | 0.92 | 3.96 | 11.24 | 216 | 14.46 | 3.26 | 0.24 | 0.18 | 0.00 | 18.60 | 97.31 |
| 11 | 6.72 | 1.01 | 3.98 | 11.12 | 221 | 14.36 | 3.20 | 0.21 | 0.17 | 0.00 | 18.05 | 99.39 |
| 12 | 6.83 | 0.81 | 3.36 | 11.41 | 219 | 14.32 | 3.19 | 0.20 | 0.16 | 0.00 | 18.15 | 98.46 |
| 13 | 6.85 | 0.75 | 3.24 | 11.42 | 245 | 14.44 | 3.18 | 0.21 | 0.16 | 0.00 | 18.22 | 98.74 |

FAR = Franco arcillo arenoso
 CIC = Capacidad Intercambio Catiónico
 N = Nitrógeno total
 K⁺ = Potasio cambiante
 A = Arena
 Ca²⁺ = Calcio cambiante
 Na⁺ = Sodio cambiante
 CO₃²⁻ = Carbonatos
 me = mili equivalente.

P = Fósforo disponible
 K = Potasio disponible
 C.E. = Conductividad eléctrica
 SB = Saturación de bases
 Mg²⁺ = Magnesio cambiante
 mS/cm = mili Siemens por centímetro
 C.E. (e) = Conductividad eléctrica del extracto
 Al³⁺ = Aluminio cambiante
 M.O. = Materia orgánica

Lic. Pedro Fernández Caillopa
 ANALISTA
 LABORATORIO DE LAS FUENTES DE CALIDAD DE AGUA
 PLANTAS, BRIMATOLOGIA DE ALIMENTOS Y FERTILIZAS

Lic. M.Sc. Angel Cari Chequehuanca
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS Y PLANTAS

T.E.1= T.E.3, T.E.2=T.E.7, T.E.3=T.E.5, T.E.4=T.E.55, T.E.5=T.E.126, T.E.6 y T.E.12=Testigo.

Figura 31. Análisis de suelo realizado en el laboratorio de agua y suelos de la EPIA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE PLANTAS

PROCEDENCIA : QUINUA INVERNADERO PUNO I
 INTERESADO : Br. NORA ORTIZ CALCINA
 MOTIVO : Análisis de plantas
 MUESTREO : 16/11/2015.
 ANÁLISIS : 17/10/2015.

| TRATAMIENTOS | NITRÓGENO TOTAL % | FÓSFORO TOTAL % | POTASIO TOTAL % |
|--------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| T.E.1 | 1.74 | 0.30 | 2.83 |
| T.E.2 | 2.07 | 0.31 | 2.93 |
| T.E.3 | 1.65 | 0.29 | 2.42 |
| T.E.4 | 1.69 | 0.29 | 2.74 |
| T.E.5 | 1.68 | 0.29 | 2.42 |
| T6 | 1.57 | 0.28 | 2.35 |
| T.E.7 | 1.58 | 0.28 | 2.74 |
| T.E.8 | 1.57 | 0.30 | 2.95 |
| T.E.9 | 1.54 | 0.29 | 2.95 |
| T.E.10 | 1.75 | 0.27 | 2.43 |
| T.E.11 | 1.47 | 0.23 | 1.59 |
| T12 | 1.45 | 0.21 | 1.47 |

José Emilio Fernández Callio
 INIA DE PUNO
 COMITÉ DE CALIDAD DE AGUA
 PLANTAS, BIOPRODUCTOS, ALIMENTOS Y FERTILIZANTES

Ing. M.Sc. Angel Cani Chiquehdane
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS Y PLANTAS

T.E.1= T.E.3, T.E.2=T.E.7, T.E.3=T.E.5, T.E.4=T.E.55, T.E.5=T.E.126, T.E.6 y T.E.12=Testigo.

Figura 32. Análisis nutricional de plantas de quinua var. Salcedo INIA de NPK



Figura 33. La investigación se realizó en Laboratorio de Fitopatología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica Facultad de Ciencias Agrarias UNA- PUNO



Figura 34. Invernadero de Programa de papas EPIA/ FCA- UNA

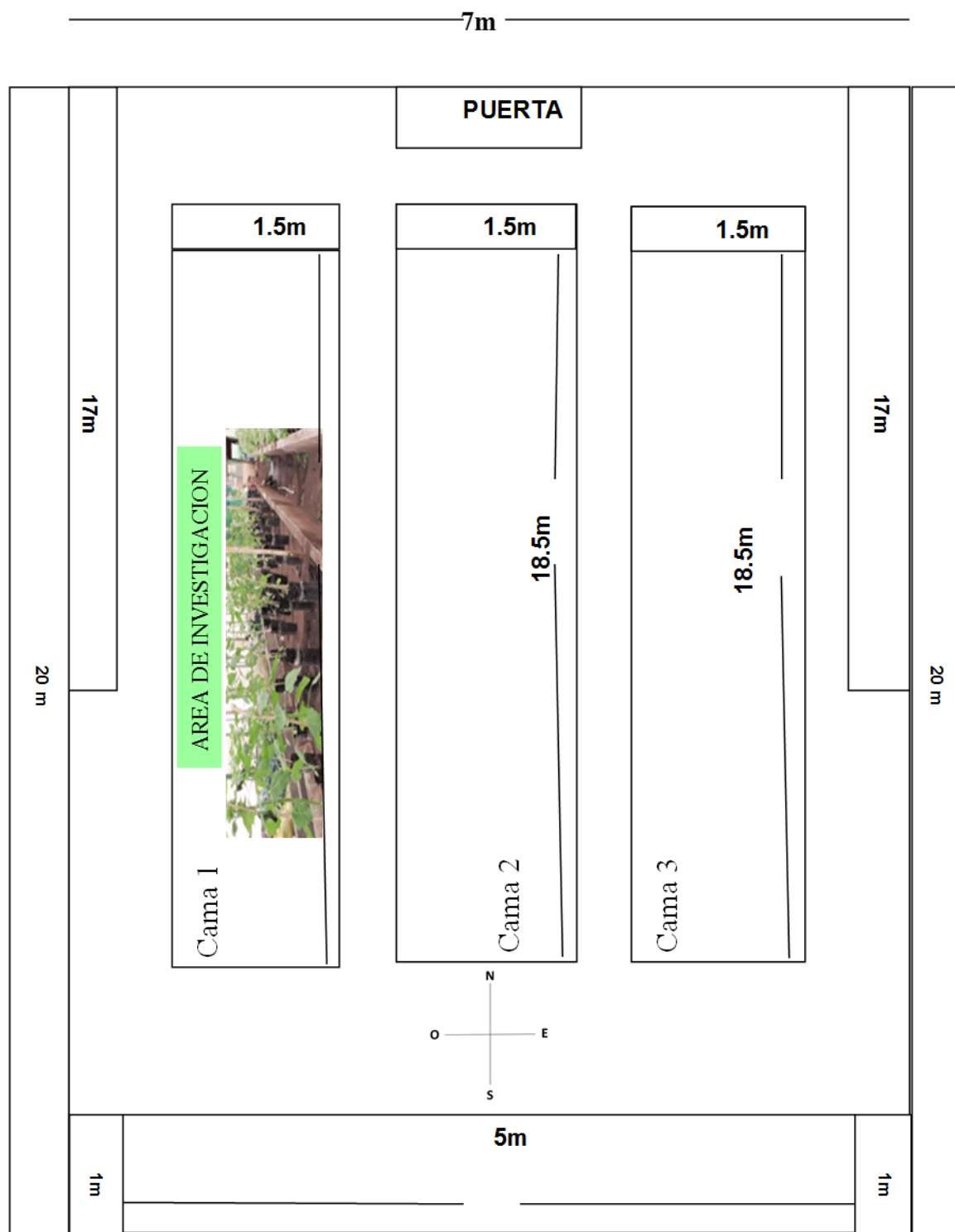


Figura 35. Croquis del invernadero de programa de papas EPIA - Puno

| | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| T3R1 | T1R1 | T11R1 | T8R1 | T6R1 | T9R1 | T7R1 | T5R1 | T10R1 | T2R1 | T4R1 | |
| T11R2 | T7R2 | T5R2 | T10R2 | T4R2 | T0R2 | T8R2 | T1R2 | T3R2 | T2R2 | T6R2 | T12R2 |
| T10R3 | T7R3 | T12R3 | T2R3 | T1R3 | T6R3 | T11R3 | T9R3 | T3R3 | T5R3 | T4R3 | T8R3 |
| T7R4 | T10R4 | T11R4 | T3R4 | T4R4 | T6R4 | T8R4 | T0R4 | T2R4 | T1R4 | T2R4 | T5R4 |
| T0R5 | T3R5 | T5R5 | T8R5 | T11R5 | T4R5 | T10R5 | T12R5 | T2R5 | T7R5 | T6R5 | T1R5 |
| T10R6 | T3R6 | T2R6 | T12R6 | T9R6 | T6R6 | T1R6 | T8R6 | T7R6 | T11R6 | T5R6 | T4R6 |
| T11R7 | T4R7 | T8R7 | T0R7 | T10R7 | T1R7 | T3R7 | T7R7 | T2R7 | T5R7 | T12R7 | T6R7 |
| T7R8 | T5R8 | T3R8 | T6R8 | T9R8 | T1R8 | T11R8 | T2R8 | T10R8 | T4R8 | T9R8 | T12R8 |
| T8R9 | T10R9 | T2R9 | T11R9 | T6R9 | T0R9 | T12R9 | T1R9 | T5R9 | T7R9 | T4R9 | T3R9 |
| T4R10 | T2R10 | T11R10 | T5R10 | T7R10 | T3R10 | T10R10 | T6R10 | T8R10 | T1R10 | T9R10 | T12R10 |

Figura 36. Distribución de las 120 unidades experimentales

T5R9 : Plantas de quinuas sacrificadas a los 89 días después de la siembra (inicio de floración)

T3R1 : Tratamiento 3, Repetición 1.

Características del campo experimental:

- Área del terreno : 27.75 m²
- Largo del campo experimental : 18.5m
- Ancho del campo experimental : 1.5m
- Distanciamiento entre tratamientos : 8cm
- Número de tratamientos : 60
- Número de repeticiones : 2
- Unidades experimentales : 120

| | | | | |
|-------|--------|-------|-------|--------|
| T1R1 | T8R1 | T9R1 | T5R1 | T10R1 |
| T11R2 | T5R2 | T4R2 | T8R2 | T3R2 |
| T7R3 | T2R3 | T6R3 | T9R3 | T5R3 |
| T7R4 | T11R4 | T4R4 | T8R4 | T2R4 |
| T3R5 | T8R5 | T4R5 | T12R5 | T1R5 |
| T10R6 | T2R6 | T9R6 | T1R6 | T7R6 |
| T4R7 | T1R7 | T5R7 | T6R7 | T4R1 |
| T7R8 | T3R8 | T11R8 | T10R8 | T9R8 |
| T10R9 | T2R9 | T11R9 | T6R9 | T12R9 |
| T2R10 | T11R10 | T7R10 | T3R10 | T10R10 |
| T6R2 | T8R3 | T12R4 | T5R6 | T12R8 |
| T1R9 | T6R10 | T3R9 | T9R10 | T12R10 |

Figura 37. Distribución de las 60 plantas sobrantes hasta la cosecha



Figura 38. Preparación de medio de cultivo papa, sacarosa, agar (PSA) para un litro. A) Dilución de 18g de agar y 10g de azúcar rubia en un vaso de depresitado de 100ml con 500ml de agua destilada en una cocinilla eléctrica por 30min, aprox. B) Cocción de papa en 500ml de agua destilada C) Filtración de caldo de papa con colador para su respectiva mezcla con agar D) Repartición en frascos de 150 -120ml de capacidad E) Desinfección de materiales de uso. F) Materiales puestos en autoclave a 120°C y 15lbs de presión por espacio de 29 min.



Figura 39. Preparación de materiales de medio de cultivo papa, sacarosa, agar (PSA) para la reactivación de *Trichoderma* sp.

A) Materiales autoclavados B) Agregación de 2g de cloranfenicol pastilla antibiótica para prevenir la contaminación C) Plaqueado de PSA en placas petri D) Rotulado y sellado con cinta parafina E) Placas con medio de PSA para su respectivo uso.



Figura 40. Reactivación multiplicación de cepas *Trichoderma* sp.

A) Siembra de cepas de *Trichoderma* sp B) Sellado y rotulado de placas. C) Placas sembradas con cepas de *Trichoderma* sp en estufa para su respectivo crecimiento a una temperatura de 16°C. D) Observación en el microscopio a los cinco días de edad. E) Placa con PSA y crecimiento de *Trichoderma* sp F) Observación de las características microscópicas de *Trichoderma* sp (40X).



Figura 41. Producción de *Trichoderma* sp.

A) Incorporación de bicarbonato de sodio de 150 ml al 3% por bolsa B) Distribución en cuartas de PSA colonizadas con cepas de *Trichoderma* sp C) Incubación de las cepas de *Trichoderma* sp en arroz estéril para su crecimiento micelial y la reproducción de conidias D) Producción de conidias de *Trichoderma* sp.



Figura 42. Solarización y preparación de suelo

A) Solarización de suelo B) Traslado de arena solarizada al invernadero para su respectiva mezcla C) Preparación de sustrato suelo a una proporción de 2:1:1 (suelo, arena y estiércol de ovino) D) Llenado de sustrato suelo en bolsas de 40 x 20cm.



Figura 43. Selección y Pre - Germinación de semillas de quinua var. Salcedo INIA
 A) Conteo de semillas B) 100 semillas de quinua en placas Petri con agua de 2ml C) Observación del laboratorista Sr. Luciano Dueñas. D) Semillas germinadas con un poder germinativo de 98.00.



Figura 44. Siembra de semillas de quinua var. Salcedo INIA en los dos métodos (semillas peletizadas y Via drech suelo) en el invernadero de programa de papas Facultad de Ingeniería Agronómica UNA- PUNO.

A) Condiciones del invernadero B) Placas de semillas de quinua peletizadas con cepas de *Trichoderma* sp y melaza C) Siembra de semillas de quinua peletizadas con *Trichoderma* sp D) Siembra de semillas de quinua sin tratamiento E) Riego con cepas de *Trichoderma* sp a macetas sembradas con quinua sin tratamiento F) Cerco de malla para evitar daños de aves.



Figura 45. Evaluación del experimento durante los meses de: Enero - Junio 2015
Fecha: 12/ 01/ 2015 semillas germinadas a los 3 días después de la siembra.



Figura 46. Hojas cotiledonales a los 7 días después de la siembra Fecha: 17/ 01/ 2015



Figura 47. Cuatro hojas verdaderas a los 18 días después de la siembra Fecha: 26/ 01/ 2015.



Figura 48. Cuatro hojas verdaderas a los 18 días después de la siembra se realizaron el desahije de las 3 plantas de quinua solo quedaron 1 planta por bolsa Fecha: 26/ 01/ 2015



Figura 49. Cuatro hojas verdaderas, visita de supervisión Sr. presidente de Jurado, Ing. Juan Larico Vera plantas a los 19 días después de la siembra Fecha: 27/ 01/ 2015.



Figura 50. Seis hojas verdaderas a los 23 días después de la siembra Fecha: 31/ 01/ 2015.



Figura 51. Ramificación a los 35 días después de la siembra Fecha: 05/ 02/ 2015.



Figura 52. Inicio de panojamiento a los 68 días después de la siembra, Ira evaluación de numero de hojas Fecha: 25/ 03/ 2015



Figura 53. Inicio de floración a los 89 días después de la siembra 2da evaluación de altura de planta Fecha: 25/ 03/ 2015.



Figura 54. Inicio de floración a los 89 días después de la siembra, observación de la Investigación por los Jurados presentes: Ing.M.Sc. Francis Miranda, Ing. M.Sc. Daniel Canaza, Director de tesis Ing.M.Sc. Angel Cari y tesista Nora Ortiz Fecha: 09/ 04/ 2015.



Figura 55. Inicio de floración a los 89 días después de la siembra, se sacrificó 60 plantas cogidas al azar por tratamiento para el análisis nutricional de NPK y medición de longitud de raíces Fecha: 09/ 04/ 2015.



Figura 56. Lavado de raíces de quinua con agua de pozo realizado por tratamiento a los 89 días después de la siembra (Inicio de floración) para su respectivo análisis nutricional de NPK y evaluar la longitud radicular Fecha: 09/ 04/ 2015.

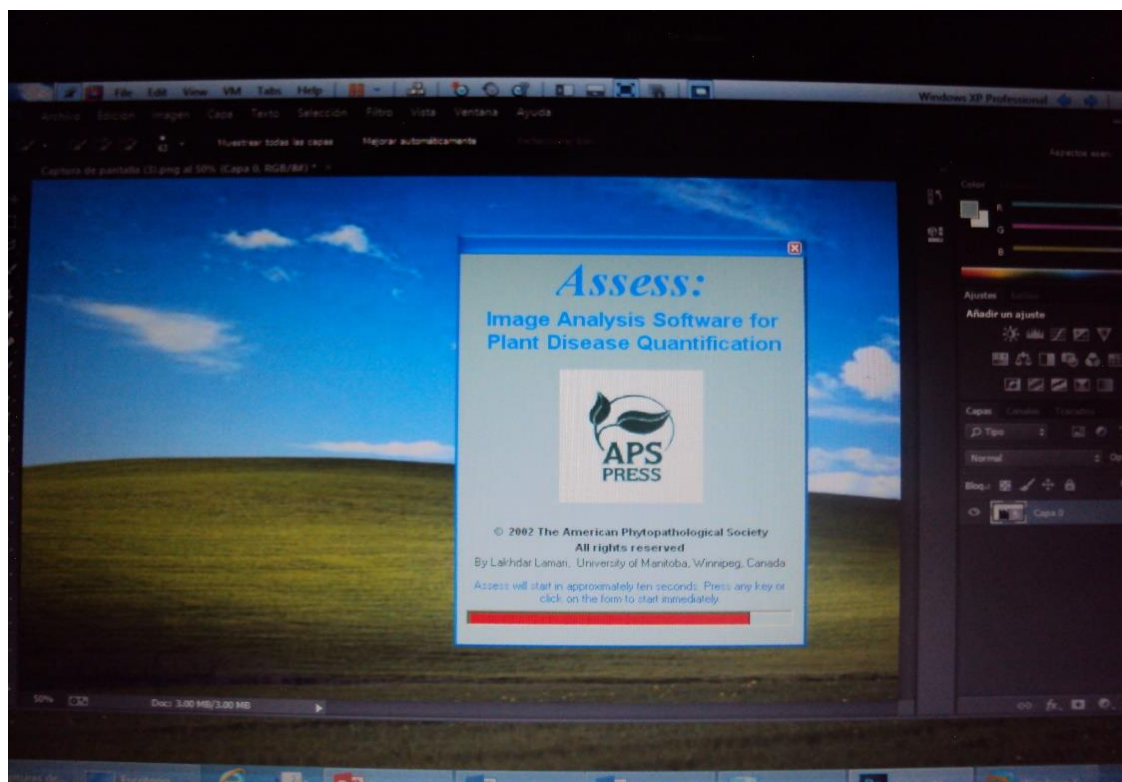


Figura 57. Programa ASSES para la evaluación de longitud radicular mediante vistas fotográficas.

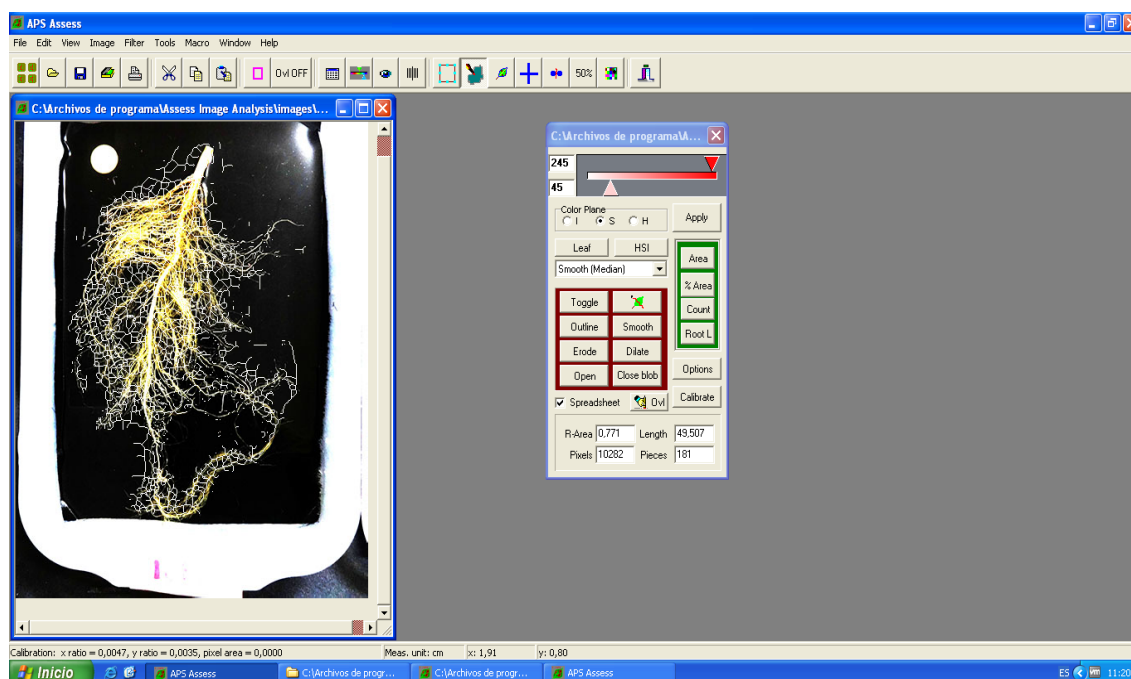


Figura 58. Proceso de medición de longitud radicular en cm en el programa ASSES.



Figura 59. Grano pastoso a los 156 días después de la siembra Fecha: 07/06/2015.



Figura 60. Grano pastoso a los 157 días después de la siembra Fecha: 08/06/2015



Figura 61. Grano pastoso a los 157 días después de la siembra, evaluación de altura de planta de quinua Fecha: 08/06/2015.



Figura 62. Grano pastoso a los 157 días después de la siembra, evaluación de diámetro (mm) con vernier digital en plantas de quinua Fecha: 08/06/2015



Figura 63. Cosecha de plantas de quinua acompañada con Asesora del proyecto de Investigación ing. M.Sc. Betsabe León Tacca y tesista Nora Ortiz Fecha: 10/07/2015.



Figura 64. Cosecha manual de plantas de quinua con ayuda del laboratorista EPIA (Sem.) Luciano Dueñas y tesista Nora Ortiz Fecha: 10/07/2015.



Figura 65. Se cosecho en sobres de manila por planta acompañada con la laboratorista EPIA (LCI-PP) Norma L. Choquecahua Morales y tesista Nora Ortiz Fecha: 10/07/2015.



Figura 66. Proceso manual de desgranado de panojas de quinua realizado en el Laboratorio de Fitopatología.



Figura 67. Peso de panoja de quinua.



Figura 68. Peso de semillas de quinua.



Figura 69. Mezcla de sustrato de suelo por tratamientos para su respectivo análisis químico NPK Fecha: 16/07/2015.



Figura 70. Muestras de suelo de 1kg. de sustrato de suelo por tratamientos para su respectivo análisis químico NPK.

PERSONAS QUE ME AYUDARON EN EL PROYECTO DE INVESTIGACION



Figura 71. Laboratorista - EPIA (FIT) Felix Coila Humpiri.



Figura 72. Laboratorista – EPIA (LAS) Benito Fernandez Calloapaza.



Figura 73. M.SC. Ing. Julio Choque Lázaro con su apoyo de los equipos del Laboratorio de pastos y forrajes para la realización de los análisis de nutrición vegetal de plantas de quinua.



Figura 74. CIP Camacani junto al Sr. Francisco Sosa trabajador de Camacani guía de mi Investigación.



Figura 75. Con ayuda del Sr. Nemesio Carrion Coyla personal del invernadero de Programa de papa de la EPIA.



Figura 76. Participación en el 1er concurso Universitario denominado "Mi proyecto de tesis en un poster" organizado por el Vicerrectorado de Investigación en la Ciudad Universitaria Fecha: 23/10/15.