

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIAi.
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PROMOTORES DE
CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE LA QUINUA (*Chenopodium
quinoa* Willd) BAJO CONDICIONES DE ABONAMIENTO
ORGÁNICO EN EL ALTIPLANO CENTRO**

Padilla Sanchez Monica

**LA PAZ - BOLIVIA
2013**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PROMOTORES DE
CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE LA QUINUA (*Chenopodium
quinoa* Willd) BAJO CONDICIONES DE ABONAMIENTO
ORGÁNICO EN EL ALTIPLANO CENTRO**

*Tesis de grado presentado como requisito
parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo*

PADILLA SANCHEZ MONICA

ASESORES

Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Ph. D. Noel Ortuño Castro

TRIBUNAL EXAMINADOR:

M. Sc. Eduardo Chilon Camacho

D. Sc. Félix Mamani Reynoso

Presidente Tribunal Examinador

La Paz – Bolivia

2013

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a mis padres, al equipo de docentes y amigos.

Ellos que sin darse cuenta de cuál es la magnitud en la que su influencia hace posible este tipo de emprendimientos.

Ellos los grandes artífices de nuestras ilusiones y metas que hacen posible llegar a la conclusión de una etapa instructiva de la universidad.

Agradecimientos

Este tema de estudio no hubiera sido posible sin la ayuda principalmente de:

De nuestro Creador Jehová Dios que nos da la vida para formarnos como personas útiles para la sociedad.

Mis padres que han sido un gran apoyo en el transcurso de mi educación.

La facultad de Agronomía UMSA por la enseñanza impartida en sus aulas durante mis años de estudio

Mi querido asesor Dr. Alejandro Bonifacio por su paciencia y su tiempo en la revisión y conclusión del tema de estudio.

Mi estimado asesor Ing. Noel Ortuño por sus sugerencias para iniciar el tema de estudio.

Ing. Eduardo Chilon por las sugerencias y la paciencia en la revisión del documento final de investigación.

Ing. Félix Mamani por las correcciones pertinentes en el respectivo documento de tesis.

Mis compañeros Verónica Quispe, Mirian Alcón, Ing. Grover Aduviri, Ronald Paredes, Rina que sin su colaboración no se hubiera dado a buen término el trabajo de campo.

Mis amigas Gavi Alavi, Teresa Guarachi, Milenka Iturralde que fueron un ejemplo de responsabilidad.

Mis hermanos Padilla Deisy, Ninoska, Jesús y Rudy que han sido una fuente constante de ánimo.

Cada uno de ellos ha sido parte de un gran equipo que se unen para formar a una persona hasta cierta etapa de su vida.

Al llegar a la conclusión de una maravillosa etapa la universidad les agradezco inmensamente por su trabajo ilimitado su comprensión absoluta y su cariño amistoso por todo esto.

MUCHAS GRACIAS

RESUMEN

El presente trabajo fue desarrollado durante el ciclo agrícola 2009/2010 en la comunidad de Quipaquipani en el Centro de investigación de Cultivos Andinos en la ciudad de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz ubicado a una altura de 3880 msnm, con el objetivo de determinar el comportamiento agronómico del cultivo de quinua tratadas con aplicaciones de promotores de crecimiento: TRICOTOP, BIOBACILLUS en forma separada y combinada bajo condiciones de abonamiento orgánico.

Se estableció el diseño bloques completamente a la azar con arreglo bifactorial tuvo dos factores de estudio abonamiento orgánico y aplicación de promotores, se evaluaron 8 tratamientos dos con la aplicación de TRICOTOP bajo y sin abonamiento, otros dos con la aplicación de BIOBACILLUS también con y sin abonamiento y otros dos con la aplicación de TRICOTOP.+ BIOBACILLUS con y sin abonamiento y finalmente otros dos sin la aplicación de promotores con y sin abonamiento orgánico este último llega a ser el testigo absoluto. Cada tratamiento presento tres repeticiones

Se evaluaron las variables agronómicas como medición de la altura y diámetro de la planta por semana, posteriormente se midió el diámetro y longitud de panoja. En la pos cosecha se midió el rendimiento, índice de cosecha, % de grano grande, peso hectolítrico. También se efectuó la medición de longitud, volumen y peso de raíz para observar el efecto en el sistema radical. Posteriormente se evaluó la microfauna del suelo. Al final se realizó un análisis económico de los tratamientos. Adicionalmente se evaluó el efecto de los tratamientos en las propiedades químicas y físicas del suelo.

El abonamiento en algunas variables agronómicas (altura de planta, diámetro de planta y panoja, peso hectolítrico), y en el sistema radical (longitud y peso) no tuvo una influencia estadística, esto debido a que su efecto no fue inmediato por el estado de descomposición del abono y el tiempo de aplicación; pero su presencia actuó en otras variables (longitud de panoja, en el rendimiento, % de grano grande, índice de cosecha y volumen de raíz) y en la población de colémbolos del suelo y en las propiedades del suelo (Ver Figuras 13-18).

Se observó que la combinación de TRICOTOP+ BIOBACILLUS con abonamiento presento un alto rendimiento de 1923, 33kg/ha, mayor longitud de panoja con 32,33cm, mayor % de grano grande, y el BIOBACILLUS fue efectivo para el diámetro de panoja, índice de cosecha con valores de 27,853mm y

0,38 respectivamente, frente al testigo. Igualmente fue mayor la longitud, peso, volumen de la raíz con valores de 29,163cm; 8,99g; 9,148cc respectivamente frente al testigo. En la población de micro fauna el abono influyo estadísticamente en la población de collémbolas pero no en la de ácaros, los promotores no influyeron significativamente en esta variable.

Finalmente para los costos de producción los tratamientos de mayor beneficio/costo fueron T5, T7, T8 (Ver cuadro 39), de estos el T5 es el que obtuvo mayor rentabilidad con un valor de 10,78 Bs la razón es por la ausencia de inversión en abono y promotores y no así por el rendimiento que fue el más bajo de los tratamientos con un valor de 940 kg/ha.

Los resultados sugieren que la aplicación de promotores puede ser alternativa tecnológica para una producción sostenible, por sus efectos beneficiosos tanto para el cultivo como para suelo y los ecosistemas.

ABSTRACT

This work was developed during the agricultural cycle 2009/2010 in the community of Quipaquipani in the research center of Andean crops in the city of Viacha, province invasion brought the Department of Peace located at an altitude of 3880 msnm, with the objective to determine the agronomic performance of the cultivation of quinoa treated with applications of growth promoters: TRICOTOP, BIOBACILLUS separately and combined under conditions of crediting professional.

The design was established to the blocks completely random under bifactorial had two factors of crediting professional study and application of promoters, 8 Treatments were evaluated two with the implementation of TRICOTOP low and without crediting, two others with the implementation of BIOBACILLUS also with and without crediting and two others with the implementation of TRICOTOP.+ BIOBACILLUS with and without crediting and finally two others without the application of promoters with and without crediting professional this last becomes the absolute control. Each treatment presented three repetitions.

We evaluated the agronomic variables as measurement of the height and diameter of the plant per week, subsequently measured the diameter and panicle length. In the post harvest was measured performance, harvest index, % of large grain, weight hectolitrico. There was also the measurement of length, volume and weight of root to observe the effect on the root system. It was subsequently evaluated soil microfauna. At the end was an economic analysis of the treatments. In addition, we evaluated the effect of the treatments in the chemical and physical properties of the soil.

The crediting in some agronomic variables (plant height, diameter of plant and panicle, weight hectolitrico), and in the root system (length and weight) did not have a statistical influence, this due to the fact that its effect was not immediately by the state of decomposition of the compost and the time of application; But its presence acted in other variables (panicle length, in performance, % of large grain, harvest index and root volume)and in the population of Collémbola of soil and soil properties (see Figures 13-18).

It was noted that the combination of TRICOTOP+ BIOBACILLUS with crediting introduced a high-performance 1923, 33kg/ha, more panicle length with 32.33 cm, higher % of large grain with 45 %, and the BIOBACILLUS was effective for the panicle diameter, harvest index with values of 27.853 mm and 0.38 respectively, compared to the control. It was also greater length, weight, volume of root with values of 29.163 cm; 8.99 g; 9.148 cc respectively compared to the control. In the population of micro fauna the compost influenced statistically in the population of collémbolas but not on the mites, the promoters did not significantly influence this variable.

Finally for the costs of production the treatments of greatest benefit/cost were T5, T7, T8 (see figure 20), of these the T5 is the most profitability with a value of 10.78 is Bs, the reason for the lack of investment in compost and promoters and not by the performance that was the lowest in the treatments with a value of 940 kg/ha.

The results suggest that the implementation of promoters can be alternative technology for a sustainable production, because of their beneficial effects for both the cultivation and for soil and ecosystems

INDICE

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	OBJETIVOS.....	2
2.1	Objetivo General.....	2
2.2	Objetivos Específicos.....	2
2.3	Hipótesis.....	2
3.	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
3.1	Origen e Importancia.....	3
3.2	Taxonomía y Morfología.....	3
3.2.1	Posición taxonómica.....	3
3.2.2	Descripción botánica de la planta.....	3
3.3	Fenología del Cultivo.....	7
3.3.1	Definición de fenología.....	7
3.3.2	Fases fenológicas.....	7
3.4	Requerimientos edafoclimáticos.....	9
3.4.1	Suelo.....	9
3.4.2	pH.....	9
3.4.3	Temperatura.....	9
3.4.4	Heladas.....	10
3.4.5	Radiación.....	10
3.4.6	Fotoperiodo.....	10
3.4.7	Altitud.....	11
3.5	Características del abono orgánico (estiércol)	11
3.5.1	Generalidades del Estiércol.....	11
3.5.2	Abonamiento orgánico.....	12
3.5.3	Composición del Estiércol.....	12
3.5.4	Aplicación del abono en el cultivo de quinua.....	13
3.6	Características Biológicas del suelo.....	14
3.6.1	La población biológica del suelo.....	14
3.6.2	Funciones de la población biológica del suelo.....	15
3.6.2.1	Micro flora del Suelo.....	15
3.6.2.2	Fauna del suelo.....	16
3.7	Microorganismos de la rizósfera.....	18
3.8	Microorganismos promotores de crecimiento de la planta.....	19
3.8.1	Características generales.....	19
3.8.2	Rizobacterias promotoras de crecimiento de las plantas (PGPRs.....	20
3.8.2.1	Definición.....	20
3.8.2.2	Características generales.....	22
3.8.2.3	Colonización.....	22
3.8.2.4	Factores que afectan la colonización de rizobacterias.....	22
3.8.2.5	Posibles mecanismos de acción de (PGPRs) sobre el crecimiento	

	vegetal.....	.....23
3.8.2.6	Efecto con el resto de los nutrimentos.....	.....23
3.8.2.7	Efectos hormonales de PGPRs en las plantas.....	.....24
3.8.2.8	Interacción de PGPRs con microflora de la rizósfera.....	.....25
3.8.3	<i>Bacillus subtilis</i>.....	.....26
3.8.3.1	Clasificación taxonómica.....	.....26
3.8.3.2	Etimología del nombre científico.....	.....27
3.8.3.3	Descripción taxonómica.....	.....27
3.8.3.4	Posibles mecanismos de <i>B. subtilis</i> en el crecimiento vegetal.....	.....27
3.8.3.5	Efectos hormonales de <i>B. subtilis</i> en las plantas.....	.....28
3.8.4	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>.....	.....28
3.8.4.1	Clasificación taxonómica.....	.....28
3.8.4.2	Etimología del nombre científico.....	.....29
3.8.4.3	Descripción taxonómica.....	.....29
3.8.4.4	Posibles mecanismos de <i>B. amyloliquefaciens</i> el crecimiento vegetal.....	.....29
3.8.4.5	Efectos hormonales de <i>B. amyloliquefaciens</i> en las plantas.....	.....30
3.8.5	<i>Trichoderma harzianum</i>.....	.....30
3.8.5.1	Origen.....	.....30
3.8.5.2	Importancia.....	.....30
3.8.5.3	Características.....	.....30
3.8.5.4	Clasificación Taxonómica.....	.....31
3.8.5.5	Mecanismo de acción.....	.....31
4.	LOCALIZACION.....	.....33
4.1	Ubicación geográfica.....	.....33
4.2	Características agroecológicas de la zona.....	.....34
4.2.1	Clima.....	.....34
4.2.2	Comportamiento climático.....	.....34
4.2.2.1	Precipitación.....	.....34
4.2.2.2	Temperatura.....	.....34
4.2.3	Suelo.....	.....35
4.2.4	Vegetación.....	.....35
4.2.5	Características Fisiográficas.....	.....35
5.	MATERIAL Y METODOS.....	.....36
5.1	Materiales y Equipos.....	.....36
5.1.1	Material Biológico.....	.....36
5.1.2	Material de Campo.....	.....38
5.1.3	Material de laboratorio.....	.....38
5.1.4	Material de Gabinete.....	.....38
5.1.5	Equipo.....	.....38
5.2	Metodología.....	.....39
5.2.1	Procedimiento Experimental.....	.....39
5.2.2	Análisis estadístico.....	.....39

5.2.3	Modelo lineal aditivo.....	39
5.2.4	Factores de Estudio.....	39
5.2.5	Formulación de Tratamientos.....	40
5.3	Trabajo de Campo.....	40
5.3.1	Preparación y delimitación de terreno.....	40
5.3.2	Incorporación de materia orgánica.....	40
5.3.3	Aplicación de microorganismos.....	40
5.3.4	Siembra.....	41
5.3.5	Labores culturales y control fitosanitario.....	41
5.3.6	Cosecha trilla y Venteadado.....	42
5.3.7	Variables de Respuesta.....	43
5.3.7.1	Variables Agronómicas.....	43
5.3.7.1.1	Altura de Planta (cm).....	43
5.3.7.1.2	Diámetro de tallo (mm).....	43
5.3.7.1.3	Longitud de Panoja.....	43
5.3.7.1.4	Diámetro de Panoja.....	43
5.3.7.1.5	Rendimiento de grano por tratamiento.....	43
5.3.7.1.6	Peso hectolítrico.....	43
5.3.7.1.7	Peso de grano grande.....	44
5.3.7.1.8	Índice de Cosecha.....	44
5.3.7.2	Variables para del sistema radical.....	44
5.3.7.2.1	Longitud de raíz (cm).....	44
5.3.7.2.2	Peso de raíz (gr).....	45
5.3.7.2.3	Volumen de raíz (cc).....	45
5.3.7.3	Variables para la población de micro fauna en el suelo.....	45
5.3.7.3.1	Población de Collémbolas.....	45
5.3.7.3.2	Población de Ácaros.....	46
5.3.7.4	Variables económicas.....	46
5.3.7.4.1	Ingreso bruto.....	46
5.3.7.4.2	Ingreso Neto.....	47
5.3.7.4.3	Relación beneficio costo.....	47
6.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	48
6.1	Resultados de las variables agronómicas.....	48
6.1.1	Altura de planta.....	48
6.1.2	Diámetro de Tallo.....	50
6.1.3	Longitud de Panoja.....	51
6.1.4	Diámetro de Panoja.....	54
6.1.5	Rendimiento.....	56
6.1.6	Peso Hectolítrico.....	59
6.1.7	Peso de grano grande en %.....	61
6.1.8	Índice de Cosecha.....	64
6.2	Resultados de las variables del sistema radical.....	66
6.2.1	Volumen de Raíz.....	66

6.2.2	Longitud de raíz.....	.....67
6.2.3	Peso de raíz.....	.....70
6.3	Variables para la población de micro fauna en el suelo.....	.....72
6.3.1	Población de Colémbolos.....	.....72
6.3.2	Población de ácaros.....	.....73
6.4	Variables Edafológicas.....	.....74
6.4.1	Análisis físico de suelo post cosecha.....	.....74
6.4.2	Análisis químico de suelo post cosecha.....	.....75
6.5	Análisis de costo de producción.....	.....77
6.5.1	Variables económicas.....	.....78
6.5.1.1	Ajuste de rendimientos.....	.....78
6.5.1.2	Beneficio bruto.....	.....78
6.5.1.3	Beneficio Neto.....	.....79
6.5.1.4	Precio de campo.....	.....79
6.5.1.5	Relación beneficio costo.....	.....79
6.5.1.6	Costos que varían.....	.....80
7.	CONCLUSIONES.....	.....81
8.	RECOMENDACIONES.....	.....82
9.	BIBLIOGRAFIA.....	.....83
10.	ANEXOS.....	.....92

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Clase de granos de quinua en función de su diámetro.....	6
Cuadro 2.	Aporte de nutrientes por tipo de estiércol (kg/ton de producto).....	13
Cuadro 3.	Requerimiento nutricional de la quinua.....	13
Cuadro 4.	Composición de la población biológica del suelo.....	14
Cuadro 5.	Formulación de los tratamientos del ensayo.....	40
Cuadro 6.	Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) en la fase de madurez fisiológica.....	48
Cuadro 7.	Comparación de la altura de la planta (cm) con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.....	49
Cuadro 8.	Análisis de varianza para el diámetro de la planta (mm).....	50
Cuadro 9.	Análisis de varianza para longitud de panoja (cm).....	51
Cuadro 10	Comparación de la longitud de la panoja (cm) para la incorporación de materia orgánica a través de la prueba de Duncan.....	52
Cuadro 11.	Comparación de la longitud de la panoja (cm) con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.....	52
Cuadro 12.	Análisis de efectos simples en la interacción de los factores materia orgánica y promotores en la longitud de panoja.	53
Cuadro 13.	Análisis de varianza para el diámetro de la panoja (mm).....	54
Cuadro 14.	Comparación del diámetro de la panoja (mm) con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.....	55
Cuadro 15.	Análisis de varianza para el rendimiento (kg/ha).....	56
Cuadro 16.	Análisis de efectos simples en la interacción de los factores materia orgánica y promotores en el rendimiento de la quinua.	58
Cuadro 17.	Análisis de varianza para el peso Hectolítrico.....	59
Cuadro 18.	Comparación de peso hectolítrico con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.....	60
Cuadro 19.	Análisis de efectos simples en la interacción de los factores materia orgánica y promotores en el peso hectolitrico del grano de la quinua.....	60

Cuadro 20.	Análisis de varianza para el peso de grano grande.....	61
Cuadro 21.	Comparación del peso de grano grande con la incorporación de materia orgánica a través de la prueba de Duncan.....	62
Cuadro 22.	Comparación de peso de grano grande con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.	62
Cuadro 23.	Análisis de efectos simples en la interacción de los factores materia orgánica y promotores en el peso de grano grande (%) de la quinua.....	63
Cuadro 24.	Análisis de varianza para el índice de cosecha.....	64
Cuadro 25.	Comparación del índice de cosecha con y sin la incorporación de materia orgánica a través de la prueba de Duncan.....	65
Cuadro 26.	Comparación del índice de cosecha con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.....	65
Cuadro 27.	Análisis de varianza para el volumen de raíz (cm ³).....	66
Cuadro 28.	Comparación del volumen de raíz con y sin la incorporación de materia orgánica a través de la prueba de Duncan.....	66
Cuadro 29.	Comparación del volumen de raíz con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.....	67
Cuadro 30.	Análisis de varianza para la longitud de raíz (cm).....	68
Cuadro 31.	Comparación de la longitud de raíz con y sin la incorporación de materia orgánica a través de la prueba de Duncan.....	68
Cuadro 32.	Comparación de la longitud de raíz con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.....	69
Cuadro 33.	Análisis de efectos simples en la interacción de los factores materia orgánica y promotores en la longitud de la raíz de la quinua.....	69
Cuadro 34.	Análisis de varianza para el peso de raíz (g).....	71
Cuadro 35.	Comparación del peso de raíz con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.....	71
Cuadro 36.	Análisis de varianza para la población de collémbolas.....	72
Cuadro 37.	Comparación de la población de collémbolas con y sin abonamiento a través de la prueba de Duncan.....	73
Cuadro 38.	Análisis de varianza para la población de ácaros (unidades).....	73
Cuadro 39.	Análisis de costos de producción.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Flujo grama para el empleo de bacterias promotoras del crecimiento vegetal en la biotecnología agrícola (Hernández et al., 2000).....	21
Figura 2. Ubicación geográfica del Centro de Investigación en Cultivos Andinos.....	33
Figura 3. Precipitación pluvial ocurrida durante el desarrollo del cultivo en la comunidad de Quipaquipani 2009-2010 (mm/mes).....	34
Figura 4. Comportamiento de la temperatura máxima, mínima y media durante el desarrollo del cultivo en la comunidad de Quipaquipani 2009-2010 (°C).....	35
Figura 5. Crecimiento registrado por semanas de los diferentes tratamientos.....	49
Figura 6. Interacción de los factores materia orgánica y promotores en la longitud de la panoja de la quinua.....	53
Figura 7. Rendimiento de la quinua (kg/ha) en función del abonamiento de estiércol.....	56
Figura 8. Rendimiento de la quinua (kg/ha) en función de la aplicación de promotores.....	57
Figura 9. Interacción de los factores materia orgánica y promotores en el rendimiento de la quinua.....	58
Figura 10. Interacción de los factores materia orgánica y promotores en el peso hectolítrico del grano de quinua.....	61
Figura 11. Interacción de los factores abonamiento y promotores en el % de grano grande de quinua.....	63
Figura 12. Interacción de los factores materia orgánica y promotores en la longitud de raíz de la quinua.....	70
Figura 13. Análisis de densidad aparente de los diferentes tratamientos.....	74
Figura 14. %Nitrógeno del suelo en los diferentes tratamientos.....	75
Figura 15. Fosforo asimilable del suelo en los diferentes tratamientos.....	76
Figura 16. %Materia Orgánica del suelo en los diferentes tratamientos.....	76
Figura 17. pH del suelo en los diferentes tratamientos.....	77
Figura 18. Conductividad eléctrica (ds/m) del suelo en los diferentes tratamientos.....	77
Figura 19. Beneficio bruto en los diferentes tratamientos.....	78
Figura 20. Beneficio neto en los diferentes tratamientos.....	79
Figura 21. Ganancia por cada boliviano invertido en los diferentes tratamientos.....	80

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	Croquis del experimento.....	..92
Anexo 2.	Bioinsumos utilizados.....	.93
Anexo 3.	Siembra a chorro continuo.....	.93
Anexo 4.	Labores culturales.....	.93
Anexo 5.	Insectos plaga.....	.93
Anexo 6.	Trilla y venteado.....	.94
Anexo 7.	Peso y volumen de raíz.....	.94
Anexo 8.	Determinación del número de ácaros y colémbolas.....	.94
Anexo 9.	Extractor con muestras de suelo.....	.95
Anexo 10.	Observación del diámetro de panoja.....	.95
Anexo 11.	Análisis físico de suelos.....	.96
Anexo 12.	Análisis químico de suelos.....	.97
Anexo 13.	Longitud de raíz de los tratamientos.....	.98
Anexo 14.	Parámetros de propiedades físicas y químicas del suelo.....	.99
Anexo 15.	Costos de producción para el cultivo de la quinua.....	.99

1. INTRODUCCION

El cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) se caracteriza por ser el único cultivo que se adapta a las condiciones ambientales extremas donde la vegetación es escasa (AVSF, 2009).

La quinua se encuentra en las diferentes zonas productoras en medio de un ecosistema frágil caracterizado por su alta vulnerabilidad ecológica, donde la sobreexplotación de los recursos naturales causa daños ambientales con fuertes implicaciones en la fertilidad de suelos, poniendo en riesgo el hábitat de las especies y el equilibrio del ecosistema.

El grano de quinua presenta alta calidad nutritiva debido a la presencia de aminoácidos esenciales, por lo cual es muy apreciado en el mercado local y extranjero, constituyéndose en un producto de exportación que genera ingresos (Bonifacio. 2007). Por otra parte este producto cumple un rol importante en la soberanía y seguridad alimentaria de los habitantes del altiplano.

En los últimos años la dinámica de producción se ve amenazada por el deterioro en la capacidad productiva de los suelos, la recurrencia de plagas y la pérdida de biodiversidad entre otros. El Altiplano centro presenta suelos poco fértiles debido a la falta de materia orgánica, reducida actividad biológica y poca humedad en el suelo.

La práctica más fácil es la incorporación de fertilizantes químicos, los cuales a la larga compactan los suelos, provocan procesos de salinización y repercuten negativamente en los microorganismos, que mejoran naturalmente la fertilidad de este recurso. Por tal motivo se debe buscar mecanismos de prevención a futuros riesgos ecológicos y productivos.

Se quiere presentar soluciones a la problemática mediante el desarrollo de tecnologías que coadyuven la sostenibilidad del complejo productivo de la quinua. La investigación debe ser de carácter diacrónico a si mismo los estudios deben considerar aspectos biofísicos. En tal sentido, los promotores de crecimiento y los beneficios de la actividad microbiana son de interés en la agricultura.

El componente microbiano del suelo es importante para la salud de los ecosistemas. Los procesos agrícolas, así como el manejo de los recursos vegetales inciden sobre este componente afectando la densidad de las poblaciones microbianas implicadas; los resultados a mediano y largo plazo pueden ser la pérdida de fertilidad de los suelos y su progresiva pauperización.

La sostenibilidad de un agro ecosistema se centra en su menor dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos. De ahí surge como alternativa emplear productos basados en microorganismos que puedan incrementar la actividad biológica del suelo, mejorar el rendimiento de cultivos y reducir el ataque de agentes patógenos que afectan a los cultivos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto de promotores de crecimiento en el cultivo de quinua bajo condiciones de abonamiento orgánico en el Altiplano Centro.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de los promotores sobre el comportamiento agronómico del cultivo de quinua con abonamiento orgánico.
- Comparar el efecto de Biobacillus, Tricotop y la combinación de los dos, con abonamiento en la raíz de la quinua.
- Analizar la población de micro fauna en el suelo en los diferentes tratamientos.
- Analizar la factibilidad económica del empleo de promotores de crecimiento en el cultivo quinua.

2.3 Hipótesis

Ho: No existe diferencia marcada en el rendimiento de la quinua bajo la aplicación de promotores de crecimiento con o sin abonamiento.

Ho: No existe diferencia marcada en el desarrollo del sistema radical del cultivo de quinua bajo la aplicación de promotores de crecimiento con o sin abono.

Ho: No existe diferencia en la población de micro fauna en el suelo bajo la aplicación de promotores de crecimiento con o sin abono.

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 Origen e Importancia de la quinua

La quinua es un cultivo originario de las zonas altas de los Andes, por tanto se desarrolla bien en suelos secos, fríos y es resistente a condiciones ambientales adversas del Altiplano donde muy pocos cultivos pueden crecer satisfactoriamente (Bonifacio, 2007).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) se caracteriza por ser uno de los cultivos que se adapta bien a las condiciones ambientales del altiplano, puede cultivarse hasta 3900 msnm, tolera suelos en una amplia gama de pH de 6 a 8,5 y usa eficientemente la poca humedad disponible de las precipitaciones (AVSF, 2009).

De acuerdo a estudios científicos, el grano de quinua contiene entre el 11% y 20% de proteínas de alta calidad; posee un mayor índice de proteínas, calcio, fósforo, hierro y magnesio en comparación a los demás cereales, posee también todos los aminoácidos esenciales y no contiene gluten.

3.2 Taxonomía y Morfología

3.2.1 Posición taxonómica

La quinua es una planta del género *Chenopodium*, este género es el principal dentro de la familia Chenopodiaceae.

3.2.2 Descripción botánica de la planta

La quinua es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales, presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales.

Se cultiva desde zonas áridas, hasta zonas húmedas y tropicales, desde zonas frías hasta templadas y cálidas, muy tolerante a los factores abióticos adversos como son sequía, helada, salinidad de suelos (Mujica *et al.*, 2004).

Planta

La planta es erguida, alcanza alturas variables desde 30 hasta 250 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos, las del valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000 msnm y de zonas frías, en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan mayores alturas, su coloración varía con los genotipos y las fases fenológicas, está clasificada como planta C3.

Raíz

La raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta. Se diferencia 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, 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 180 cm de profundidad y teniendo alargamiento lateral, sus raicillas y pelos absorbentes nacen a distintas alturas, muy excepcionalmente se observa vuelco por el efecto de vientos, exceso de humedad, mayormente es por el peso de la panoja. La profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta.

El tipo de raíz varía de acuerdo a las fases fenológicas. Empieza con raíz pivotante terminando en raíz ramificado con una longitud de 25 a 30 cm, según el eco tipo, profundidad del suelo y altura de la planta.

Tallo

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, el grosor del tallo también es variable siendo mayor en la base que en el ápice, dependiendo de los genotipos y zonas donde se desarrolla, existen genotipos ampliamente ramificados (quinuas de valle) incluso desde la base (quinuas del nivel del mar) y otros son de tallo único (quinuas del altiplano), así como genotipos intermedios, dependiendo de la densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes El diámetro del

tallo es variable con los genotipos, distanciamiento de siembra, fertilización, condiciones de cultivo, variando de 1 a 8 cm de diámetro.

La altura del tallo es variable de acuerdo a las variedades y siempre terminan en una inflorescencia; cuando la planta es joven tiene una médula blanca y cuando va madurando se vuelve esponjosa, hueca sin fibra, sin embargo la corteza se lignifica. Cuando se tiene plantas monopódicas (de un solo tallo), se puede inducir cortando la yema apical para tener plantas simpódicas (de varios tallos).

Hojas

Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina, son de forma romboidal, lanceolada, algo gruesa, carnosa y tierna, cubierta por cristales de oxalato de calcio, tanto en el haz como en el envés, las cuales son bastante higroscópicas, captando la humedad atmosférica nocturna, controlando la excesiva transpiración en caso de que se presentaran sequías, así también reflejan los rayos luminosos disminuyendo la radiación directa sobre las hojas, evitando el sobre calentamiento.

Inflorescencia

La inflorescencia es una panoja típica, constituida por un eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen a los glomérulos. El eje principal está más desarrollado que los secundarios esta puede ser de dos formas laxa o compacta.

La longitud de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 70 cm de longitud por 5 a 25 cm de diámetro.

Flores

Las flores son pequeñas, incompletas, sésiles, constituida por una corola formada por 5 piezas florales tepaloides, sepaloideas, pudiendo ser hermafroditas, pistiladas y androestériles, lo que indica que podría tener hábito auto gamo como alógamo. Las flores presentan, por lo general un perigonio sepaloide, rodeado de cristales de oxalato

de calcio, son 5 sépalos de color verde, un androceo con 5 estambres cortos y un gineceo con estigma central, plumoso.

Fruto

El fruto de la quinua es un aquenio que deriva de un ovario súpero y de simetría dorsiventral, en la zona ventral se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral está constituido por perigonio que envuelve a la semilla por completo.

Semilla

La semilla constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma elipsoidal, cónica o esferoidal presenta tres partes definidas que son: episperma, embrión y perisperma.

El epispermo es la cubierta externa de la semilla. El embrión está formado por dos cotiledones y la radícula el cual envuelve al perisperma como anillo, en ella se encuentra la mayor cantidad de proteína de 35-40% mientras que el perisperma solo el 6,3 al 8,3% de la proteína total del grano. El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido por granos de almidón (Ayala. 1977).

Características del grano de la quinua

El tamaño y peso final del grano está determinado por la duración del periodo de llenado, la potencialidad genética de cada variedad y las condiciones ambientales que influyen en la uniformización de los granos (Carcoba *et al*, 2004).

El instituto IBNORCA realizó la clasificación de los granos de quinua en base a la norma boliviana NB 312004 detallada en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clase de granos de quinua en función de su diámetro.

Clase	Tamaño de grano	Diámetro promedio de los granos (mm)
Especial	Extra grande	$\geq 2,0$
Primera	Grande	2,0 - 1,70
Segunda	Medianos	1,7 - 1,40
Tercera	Pequeños	$\leq 1,40$

Fuente. IBNORCA 2006

3.3 Fenología del Cultivo

3.3.1 Definición de fenología

La fenología estudia los fenómenos morfológicos periódicos que suceden en los seres vivos durante su crecimiento y sus relaciones con las condiciones medioambientales de luz temperatura, humedad, etc. (Mamani, 2007).

3.3.2 Fases fenológicas

Espindola (1994) trabajando con quinua del altiplano, señala que en las plantas se puede distinguir notoriamente 9 etapas morfo-anatómicas las mismas que se describen con las siguientes características:

0. Etapa de Emergencia

Fase caracterizada por la emergencia del embrión a la superficie del suelo, la cual varía de acuerdo al tiempo de almacenamiento y variedad de la semilla.

1. Etapa cotiledonar:

Etapa en la que el hipocotilo curvo se endereza, verticalmente dando lugar a la expansión horizontal de los cotiledones; la plúmula visible forma un pequeñísimo cono con el vértice hacia arriba. Mientras la raíz seminal se elonga rápidamente hacia abajo formándose a lo largo de ella finísimos pelos radiculares.

2. Etapa de dos hojas basales

Etapa en que los prófilos ya visibles van a constituirse en las hojas basales y alrededor de su centro se forma un abultamiento de los apéndices, esta etapa finaliza con la completa expansión de dos primeras hojas basales y la iniciación de las primeras hojas alternas.

3. Etapa de cinco hojas alternas (diferenciación panicular)

Durante esta etapa el tejido meristemático apical cambia de la etapa vegetativa a la reproductiva, es decir de un proceso de formación de primórdios foliares al proceso de formación alternativa de primordios foliares y florales.

4. Etapa de trece hojas alternas (pre-despunte panicular)

La etapa de trece hojas alternas implica notable crecimiento, enramado de la planta consecuencia del rápido alargamiento de los entrenudos, en especial de los del tercio inferior. En el aspecto externo se visualiza 13 hojas alternas completamente expandidas y lo que más caracteriza a esta etapa es en la parte apical de la planta se visualiza la flórula compuesta de una profilos y órganos reproductivos en formación.

5. Etapa de despunte de panoja

La etapa de despunte de panoja se caracteriza por el despunte de la flórula hasta la prefloración en esta etapa aún no hay apertura de ninguna flor. El despunte de la florula (inflorescencia) constituida por un gran número de panículas, tiene el aspecto visible de una bellota con la cúspide hacia arriba.

6. Etapa de floración

En la etapa de floración se registra mayor crecimiento en longitud, también de plena floración ya se observa que el 50 % de la población de flores de la panoja principal ya están florecidas y las restantes en trabajo de floración.

7. Etapa de grano lechoso

La etapa de grano lechoso es cuando al presionar al grano en formación se extrae un líquido incipiente lechoso. Esto marca el principio de un periodo de rápida acumulación de fotosintatos en las células perispérmicas, acumulación que es consecuencia del incremento de la actividad fotosintética de las hojas y tallos verdes.

Etapa de grano masoso

En la etapa de grano masoso el tejido perispérmico sufre un cambio del estado lechoso a uno pastoso semisólido, esto porque el contenido de agua se va reduciendo.

8. Etapa de grano pastoso duro

La etapa de madurez fisiológica de la planta se caracteriza por la diferenciación a simple vista del perisperma y embrión. En esta etapa la semilla es dificultosamente

partida bajo la presión de las uñas de los dedos. Morfológicamente la planta muestra hojas amarillentas que van defoliándose en forma gradual (Espindola, 1994).

3.4 Requerimientos edafoclimáticos

3.4.1 Suelo

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

También puede adaptarse a suelos franco arenosos, arenosos o 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 estados (Mujica 2004).

3.4.2 pH

La quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferente pH de suelo, observándose que da producciones buenas en suelos alcalinos de hasta de 9 de pH en los salares de Bolivia y de Perú, como también en condiciones de suelos ácidos equivalente a 4 a 5 de pH en Cajamarca, Perú.

3.4.3 Temperatura

La temperatura media adecuada para la quinua esta alrededor de 15 a 20 °C, sin embargo se ha observado que con temperaturas medias de 10°C se desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25°C, al respecto se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta -8°C, en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1990).

La temperatura está determinada por la altura, la inclinación y exposición del campo y por la densidad del cultivo. El productor puede influir sobre la temperatura solo mediante la selección de un campo bien ubicado y de la densidad de la siembra.

Para una germinación aceptable la temperatura mínima para la quinua es de 5°C, temperaturas mayores a 15 °C, causan pérdidas por respiración, traen el riesgo de ataques de insectos (en condiciones secas) u hongos (en condiciones húmedas). La presencia de veranillos prolongados, con altas temperaturas diurnas fuerza la formación de la panoja y su maduración, lo que repercute en bajos rendimientos (Mujica 2004).

3.4.4 Heladas

Las heladas se dan por temperaturas menores a - 4°C y causan rupturas del plasma mediante la formación de cristales de hielo en las intercelulares de la planta. Las heladas ocurren especialmente en alturas elevadas, cuando hay cielo despejado, ausencia de viento, en las horas de la madrugada (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1990).

La resistencia de la quinua frente a las heladas depende del estado fenológico. La quinua resiste sin problema heladas de hasta - 5°C por 20 días, excepto en sus fases críticas, que son los primeros 60 días después de la siembra y la fase de la floración.

3.4.5 Radiación

La quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. Los sectores de más alta iluminación solar son los más favorables para el cultivo de la quinua, ya que ello contribuye a una mayor actividad fotosintética.

3.4.6 Fotoperiodo

La quinua por su amplia variabilidad genética, presenta genotipos de días cortos, de días largos e incluso indiferentes al fotoperiodo, adaptándose fácilmente a estas condiciones de luminosidad (Frere *et al.*, 1975).

Las variedades que están cerca de la línea ecuatorial son cultivos de día corto en dos aspectos de su desarrollo: necesitan por lo menos 15 días cortos (< que 10 horas de luz) para inducir la floración y también para la maduración de los frutos. Este cultivo

prospera adecuadamente con 12 horas de luz por día, en el hemisferio sur, sobre todo en el altiplano Perú-Boliviano.

3.4.7 Altitud

La quinua se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4000 msnm; quinuas sembradas al nivel del mar disminuyen su periodo vegetativo, comparados a la zona andina, observándose que el mayor potencial productivo se obtiene al nivel del mar habiéndose obtenido hasta 6000 kg/Ha, con riego y buena fertilización.

3.5 Características del abono orgánico (estiércol)

3.5.1 Generalidades del Estiércol

El estiércol es el principal desecho de las granjas pecuarias, se considera como uno de los más importantes sub-productos vegetales de gran valor, en la actualidad es recogido y usado con éxito en muchas partes del mundo. La adición de determinadas sustancias al suelo para elevar su contenido en nutrientes ha sido una práctica clásica en la agricultura que tiene como objetivo la mejora de las condiciones del suelo esto para incrementar la productividad de los cultivos (FAO, 1995).

Las actuaciones de enmienda y fertilización están encaminadas a incrementar el contenido de materia orgánica, nutrientes del suelo y a equilibrar el pH. Esto permite la aparición de un suelo más evolucionado (Fuentes, 2002).

Los tipos de enmiendas y fertilización que han de aplicarse a un suelo varían en función de su estado, disponibilidad de nutrientes, abundancia relativa de estos, disponibilidad hídrica, etc. Para la fertilización han de tenerse en cuenta los requerimientos de las especies vegetales cultivadas, su agregación puede hacerse en superficie o mediante su incorporación a las primeras capas del suelo.

Fuentes (2002) indica que los fertilizantes orgánicos son productos que tienen como misión fundamental generar humus; también aportar en mayor o menor proporción elementos nutritivos, pero este aspecto es secundario ya que habitualmente el suministro de elementos nutritivos se hace con fertilizantes minerales. Según el grado de transformación se diferencia tres clases de estiércol:

- a) Estiércol Fresco: Se puede identificar el material empleado para camas ya que la transformación apenas ha terminado
- b) Estiércol Semi hecho: Tiene grado intermedio de descomposición.
- c) Estiércol Maduro: Ya no se identifica el material empleado para las camas.

3.5.2 Abonamiento orgánico

La adición de materia orgánica supone un refuerzo importante en los suelos degradados, ya que modifica, mejora en parte, sus características físicas y químicas. La materia orgánica mejora la capacidad de retención de agua del suelo y favorece a la germinación de la semilla. Existen múltiples fuentes de materia orgánica para la restauración del suelo como: abonos animales, residuos forestales, residuos fúngicos, residuos domésticos, la turba y el mulch.

La liberación de micro elementos por el fertilizante orgánico varía en la velocidad en función de la actividad microbiana de los suelos y por los factores que inciden sobre esta: pH, temperatura, humedad, grado de aireación, etc.

Aunque, por lo general, el aporte de materia orgánica supone un enriquecimiento de micronutrientes en el suelo debido a sus efectos sobre las reacciones de óxido reducción y sobre la quelación, en algunos casos puede inducir a determinadas deficiencias de algunos micro elementos como el cobre que forma complejos de alta estabilidad que impiden su movilización, con lo que reduce su asimilabilidad (Aguilar, 1998).

La materia orgánica puede también interaccionar con el pH, lo que provoca que la disponibilidad de ciertos micronutrientes como el manganeso aumente en medios ácidos y disminuya en alcalinos.

3.5.3 Composición del Estiércol

Respecto a los estiércoles, es fundamental para su composición el animal productor, la alimentación que recibió dicho animal, el estado de descomposición, las condiciones de almacenamiento, etc. (Atlas, 2002).

Es muy difícil dar cifras sobre la riqueza del estiércol, ya que depende de muchos factores como el producto empleado para camas, la especie de ganado, las pérdidas producidas durante la elaboración etc. Se puede dar cifras expresadas en kilogramos de elementos nutritivos por cada tonelada de producto en el Cuadro 2 (Fuentes, 1999).

Cuadro 2.Aporte de nutrientes por tipo de estiércol (kg/tn de producto)

Especie	N	P₂O	K₂O
Caballo	6	2.5	6
Vacuno	3.5	1.5	4
Porcino	4.5	2	6
Ovino	8	2	7

Fuentes 1999.

3.5.4 Aplicación del abono en el cultivo de quinua

La aplicación de la materia orgánica debe efectuarse junto con la preparación de suelos de tal manera que pueda descomponerse y estar disponible para el cultivo. Así mismo esta facilita la retención de la humedad, mejorara la estructura, la aireación del suelo y favorecerá el desarrollo de la flora microbiana que permitirá la pronta humificación (Mujica, *et al.* 2004).

Hasta la fecha no se ha cuantificado los requerimientos nutricionales absolutos de la quinua. Existen valores empíricos orientados en función de la fertilidad de los suelos estos datos son respaldados con análisis químico realizado al cultivo (Suquilanda, 1996). Los datos se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro3. Requerimiento nutricional de la quinua

Fertilidad del suelo	Requerimiento de la quinua		
	N (kg/Ha)	P(kg/Ha)	K (kg/Ha)
Alto	40	0	0
Medio	80	40	15
Bajo	80	40	40

Suquilanda1996.

Para el cultivo de quinua se recomienda la aplicación de 20 Tn/Ha de estiércol de origen bovino o 6 Tn/Ha de gallinaza, en ambos casos descompuestos (SICA, 2001).

3.6 Características Biológicas del suelo

3.6.1 La población biológica del suelo

A pesar que los organismos que habitan en el suelo representan solamente el 5 % de la fracción orgánica total, de este su abundancia es relativamente grande. Kolmans y Vásquez (1996) estiman que 1 m² de suelo vivo contiene aproximadamente 10000000 de nematodos, 100000 colémbolos, 45000 anélidos y más de 40000 insectos y ácaros; asimismo, un gramo de suelo contiene 500000 bacterias, 400000 hongos, 50000 algas y 30000 protozoarios. Su presencia y actividad es esencial para la salud y funcionamiento adecuado de todos los ecosistemas (Olembó, 1991).

El suelo es vivo, puesto que en él crecen varios y miles de millones de seres vivos que constituyen su población biológica. Se estima que la población biológica que crece en el suelo se encuentra en las siguientes proporciones:

Fauna (20%): lombrices (12%), macro fauna (5%), mesofauna y micro fauna (3%).

Flora (80%): Hongos y Algas (40%). Bacterias y Actinomicetos (40%).

Cuadro 4. Composición de la población biológica del suelo

Fauna	Macro fauna (tamaño mayor de 10.4 mm) constituida por roedores, lombrices, etc. Mesofauna (tamaño de 0.6 a 10.4 mm) constituida por coleópteros, ácaros o arañas, quilópodos y miriapodos. Micro fauna (tamaño menor de 0.16 mm) constituida por nematodos, protozoos, etc.
Flora	Macro flora constituida por plantas superiores. Micro flora constituidas por bacterias, hongos, actinomicetos y algas

Fuente (Ripptein, 1994).

Tanto la micro flora como la macro fauna influyen de forma positiva en los principales procesos que se desarrollan en el ecosistema suelo; pero las regulaciones operadas por los macrorganismos del suelo pueden ser determinantes (Deçaëns, Lavelle, Jiménez, Escobar y Ripptein, 1994).

3.6.2 Funciones de la población biológica del suelo

3.6.2.1 Micro flora del Suelo

El empleo de cepas de microorganismos con alto potencial de acción sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas y el estudio de la diversidad biológica de sus patógenos son factores clave en el manejo integral de cultivos (Bouwman, 1994).

La microflora está constituida por los siguientes vegetales microscópicos:

Bacterias

Las bacterias son organismos procariotas, se clasifican en función de la fuente de energía utilizada. Las bacterias más importantes son: *Arthrobacte*, *Bacillus* y *Pseudomonas*. Sus funciones son diversas y de gran importancia en:

- a. Descomposición de materia orgánica en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.
- b. En el proceso de fijación de nitrógeno en forma simbiótica y en forma libre.
- c. En el proceso de nitrificación.
- d. Participando de manera eficaz en los ciclos del nitrógeno y de azufre.
- e. Participando en el proceso de compostaje, particularmente en la fase termofílica.

El comportamiento de las bacterias depende de la actividad de otros microorganismos y la disponibilidad de nutrientes, entre otros factores. Cuando hay desequilibrios muchas bacterias, pueden producir enfermedades en las plantas.

Hongos.

Los hongos fracción más grande de la biomasa microbiana. Existen miles de especies que viven en el suelo y sus funciones principales son:

- a. Descomponer materia orgánica, incluyendo algunos tipos que no pueden ser atacados por las bacterias.
- b. Participar en la síntesis del humus.
- c. Solubilizar minerales.
- d. Formar asociación con las raíces de las plantas (micorrizas)
- e. Controlan algunas enfermedades y plagas.

- f. Ayudan a formar agregados.

Actinomicetos

Los actinomicetos presentan características compartidas de bacterias y hongos cuyas funciones son:

- a. Descomponer sustancias resistentes
- b. Participar en la producción de humus.
- c. Mantener equilibrio entre poblaciones microorgánicas a través de la producción de antibióticos.

3.6.2.2 Fauna del suelo

Los macro invertebrados (macrofauna) tienen diferentes efectos en la fertilidad del suelo, mejora la estructura del suelo acelerando la descomposición de la materia orgánica, actúa como depredadora de microorganismos. Según Hendrix, *et al.*, (1990), regulan la población microbiana responsable de los procesos de mineralización, humificación y por ende, influyen en el reciclaje de materia orgánica y en la liberación de nutrientes asimilables para las plantas (Huhta, Haimi y Setala, 1994).

A través de su acción mecánica en el suelo contribuyen a la formación de agregados estables que permiten proteger una parte de la materia orgánica de una rápida mineralización y pueden modificar las propiedades físicas y de textura en los horizontes donde habitan (Hassenk, Chenu, Dalenberg, Bloem y Bouwman, 1994).

Numerosos investigadores indican que la diversidad y abundancia de la macro fauna edáfica, así como la presencia de determinados grupos en un sistema, pueden ser usadas como indicadores de la calidad de los suelos (Stork y Eggleton, 1992; Lavelle *et al.*, 1994). Los principales organismos que forman la macrofauna son:

Lombrices de tierra

Las lombrices son los animales inferiores más comunes en los suelos, su presencia es de importancia en los campos dedicados a la agricultura por la extraordinaria labor que en ellos realizan a favor de su fertilidad.

Las lombrices desempeñan distintas funciones: descomponen la materia orgánica, aumentan el contenido en carbono y nitrógeno, mejoran la aireación, aumentan la emisión de gas metano y son indicadores de contaminaciones (Koehler, 1999).

Coleópteros

En coleópteros existen por lo menos 200 especies que viven en el suelo. Son masticadores y un porcentaje son predadores. Controladores naturales de moscas, babosas y caracoles.

Artrópodos

Los artrópodos constituyen porción elevada de los animales del suelo. Entre los artrópodos más importantes están los ácaros que actúan como trituradoras de la materia orgánica y algunas especies son predadoras de insectos plaga.

Fragmentan y descomponen los materiales orgánicos y sus heces constituyen hábitat de microorganismos, utilizándose como bioindicadores (Koehler, 1999).

Colémbolos

Existen como 2.000 especies de colémbolos, tienen colores apagados, suelen vivir en el suelo. Se alimentan de: tejidos muertos de animales o vegetales, excrementos (detrivoros), humus, bacterias, hongos y esporas (microbivoros).

No tienen un papel importante en la producción de nutrientes del suelo, pero participan en la fragmentación de la hojarasca (Encarta 2009).

Quilópodos y miriapodos

Se conocen vulgarmente como milpiés y ciempiés, se alimentan de restos de animales y vegetales, pero también actúan como controladores naturales al depredar huevos, larvas y adultos de insectos plaga que viven sobre la superficie del suelo.

Los miriápodos se alimentan de la materia orgánica muerta. Son esenciales en la descomposición de la hojarasca (Koehler, 1999).

Nemátodos

Los nemátodos se alimentan de tejidos vivos, actúan como controladores naturales de hongos, bacterias y protozoos. Sin embargo muchos de ellos son fitoparásitos capaces de causar serios daños a las plantas.

Protozoos

Los protozoarios son animales microscópicos reguladores de la población de bacterias ya que se alimentan exclusivamente de estos microorganismos. Necesitan de agua para poder movilizarse y vivir.

De los miles de seres vivos que constituyen la población biológica del suelo, previenen la capacidad de producir alimentos en forma abundante, sana y permanente.

3.7 Microorganismos de la rizósfera

Bowen y Robira (1999), indican que la capa de suelo más cercana a la raíz recibe el nombre de rizoplano y que la rizósfera es la capa microbiana estrecha que proviene desde la endodermis de la raíz hacia el suelo. El tamaño y composición de la microflora de la rizósfera depende no solo del tipo de suelo, sino también de la planta.

Las poblaciones rizósfericas están compuestas por bacterias, hongos, algas, nematodos, protozoos y virus pero la mayor parte de las investigaciones se centra en hongos y bacterias (Bowen y Robira 1999). Se estima que existan unas 30000 especies de bacterias y 1500000 especies de hongos de los cuales solo un 1 % a 8 % han sido identificadas (Barea, 2000).

Observaciones de secciones ultra finas de suelo mediante microscopia electrónica, tomografía, análisis geoestadístico, han demostrado que la distribución de las bacterias edáficas está estructurada, este factor es importante para la funcionalidad y estructura del suelo, (Nunan *et al.*, 2003).

El rol central de los microorganismos en el ecosistema consiste en ciclos de nutrientes biogeoquímicos y la biodegradación (Prosser, 2002). Los microorganismos en la rizósfera desempeñan funciones de importancia en procesos de edafogénesis,

ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, nitrógeno, oxígeno, el azufre, el fósforo y otros; fertilidad de las plantas y protección frente a patógenos; degradación de compuestos xenobióticos y producción de fitohormonas (Nogales, 2005).

Collados (2006), menciona que las propiedades físicas, químicas y biológicas de la rizósfera son muy diferentes a las del suelo no rizosférico, la población microbiana desciende entre 10 a 100 veces al alejarse pocos milímetros de la superficie radical.

Li *et al.*, (2004), indica que la biomasa microbiana es afectada por cambios en la cantidad, calidad del sustrato, condiciones ambientales y el contenido de materia orgánica en la rizósfera.

Los enzimas del suelo regulan la fisiología y el metabolismo de los microorganismos. Los procesos más importantes del suelo (mineralización, fijación del nitrógeno, etc.) y las reacciones implicadas en la descomposición de desechos orgánicos tiene lugar a través de reacciones enzimáticas.

La actividad enzimática está relacionada con los ciclos nutricionales y con el metabolismo de los microorganismos, por lo tanto valora la actividad biológica del suelo y es un indicador de la calidad del suelo y de la actividad microbiana del suelo. Las actividades enzimáticas más destacadas son:

- Actividad de la deshidrogenasa (indicadora de la actividad metabólica del suelo).
- Actividad de la fosfatasa (relacionada con el ciclo del fósforo).
- Actividad de la ureasa (relacionada con el ciclo del nitrógeno).
- Actividad de la arilsulfatasa (relacionada con el ciclo del azufre).
- Actividad de la fosfodiesterasa

3.8 Microorganismos promotores de crecimiento de la planta

3.8.1 Características generales

Frioni (1999), indica que los microorganismos beneficiosos del suelo son los responsables de dirigir y participar en: la toma de nutrientes, en el ciclo de la materia orgánica, en la fertilidad y bioremediación del suelo, así como en la salud de la plantas.

Muchos de estos microorganismos se encuentran de forma natural en el suelo, pero los suelos se deterioran y pierden su equilibrio, por lo que en algunas situaciones es beneficioso incrementar las poblaciones de estos microorganismos.

Yang y Crowley (2000), indican que no solo los microorganismos ejercen su efecto sobre la planta, sino que estos actúan a través de sus exudados, determinando la composición de la comunidad rizósfera. Incluso en las diferentes zonas de las raíces varían las estructuras y las especies de la comunidad rizósfera. Por ejemplo en las raíces nuevas se ubican preferentemente microorganismos que utilizan azúcares fácilmente degradables y ácidos orgánicos. En cambio en las raíces más antiguas, predominan bacterias y hongos adaptados a condiciones oligotróficas y capaces de degradar compuestos más recalcitrantes como lignina y hemicelulosa.

En el mundo biológico existe una interacción continua entre los patógenos potenciales y sus antagonistas, de forma tal que estos últimos contribuyen a que en la mayoría de los casos no se desarrollen enfermedades en los cultivos. En condiciones naturales los microorganismos están en un equilibrio dinámico en la superficie de las plantas (Fernández-Larrea, 2001).

Los microorganismos con efecto benéfico en la planta pueden tener un potencial considerable como agentes de biocontrol y biofertilizantes. Se distinguen tres grandes grupos: (a) microorganismos fijadores de nitrógeno, (b) hongos micorrízicos, (c) bacterias promotoras de crecimiento de plantas, (Jiménez *et al.*, 2001).

En los siguientes acápite se describen las características de los microorganismos promotores de crecimiento empleados en el presente estudio.

3.8.2 Rizobacterias promotoras de crecimiento de las plantas (PGPRs)

3.8.2.1 Definición

Las bacterias edáficas beneficiosas de vida libre se denominan *Plant Growth Promoting rizobacteria*, (literalmente rizobacterias promotoras de crecimiento de las plantas) o por su acrónimo PGPRs (Kloepper *et al.*, 1989), también denominada por otros autores como bacterias que aumentan el rendimiento.

Las PGPRs pueden clasificarse en dos grupos: (i) Bacterias promotoras de crecimiento en plantas. Los mecanismos que utilizan estas bacterias pueden ser a través de su propio metabolismo (solubilizando fosfatos, produciendo hormonas o fijando nitrógeno), afectando directamente el metabolismo de la planta, mejorando el desarrollo radicular, incrementando la actividad enzimática de la planta o ayudando a otros microorganismos benéficos para que actúen sobre las plantas (Bashan y Holguin, 1998). (ii) Bacterias promotoras de crecimiento en plantas con capacidad de control biológico, las cuales promueven el crecimiento de la planta al suprimir los fitopatógenos.

El término PGPRs debería actualizarse, ya que existen bacterias que ejercen efectos beneficiosos en las plantas desarrollándose fuera del sistema rizósferico, y por lo tanto este término es restrictivo (Bashan, 1998). Sin embargo se han establecido cuatro características que definen a este grupo:

- Que no requieran de la invasión interna de tejidos en las plantas.
- Elevada densidad poblacional en la rizósfera después de su inoculación.
- Capacidad de colonización efectiva en la superficie de la raíz
- Que no produzca daño al hombre ni a microorganismos (Jiménez *et al.*, 2001).

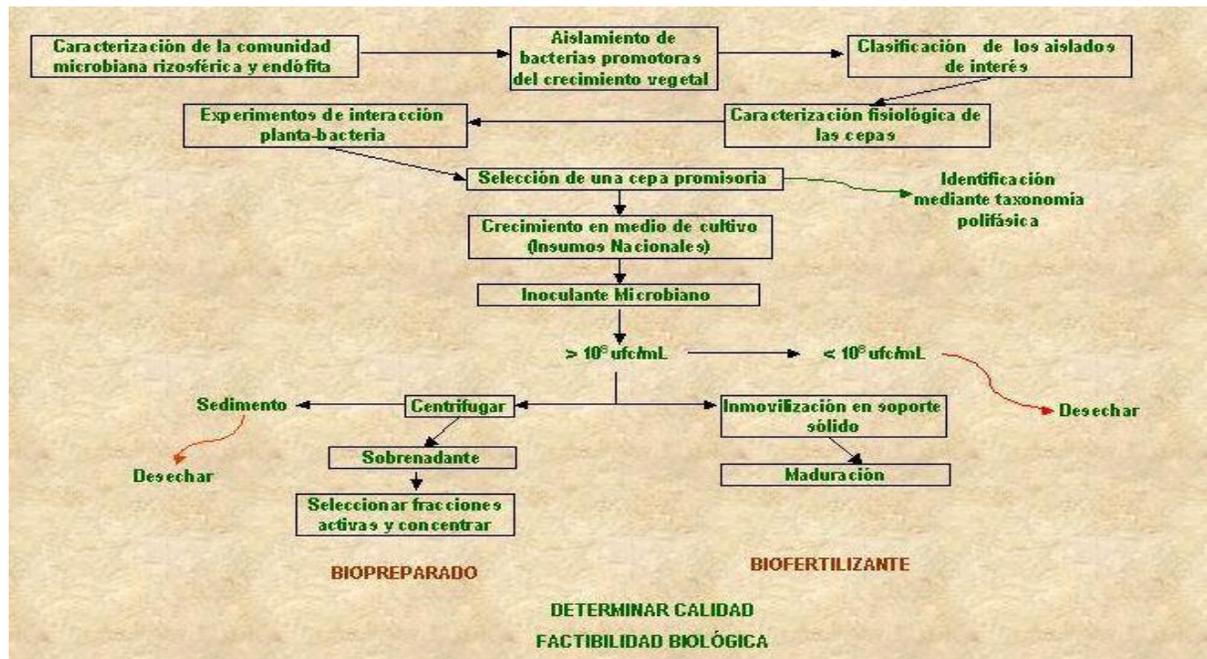


Figura 1. Flujo grama para el empleo de bacterias promotoras del crecimiento vegetal en la Biotecnología Agrícola. (Hernández *et al.*, 2000).

3.8.2.2 Características generales

Rodríguez *et al.* (2003), cita que las bacterias se encuentran prácticamente en todo los hábitats. Entre los principales géneros bacterianos se hallan: *Azotobacter spp.*, *Azotococcus spp.*, *Azospirillum spp.*, *Beijerinckia spp.*, *Azotomonas spp.*, *Bacillus spp.*, *Citrobacter spp.*, *Clostridium spp.*, *Chromatium spp.*, *Chlorobium spp.*, *Desulfovibrio spp.*, *Desulfomonas spp.*, *Gluconacetobacter spp.*, *Herbaspirillum spp.*, *Klebsiella spp.*

3.8.2.3 Colonización

La colonización de las raíces por parte de las rizobacterias es el primer paso fundamental, en la interacción planta-microorganismo y la capacidad de una rizobacteria de alterar la fisiología de la planta dependerá de su capacidad para establecerse en la rizósfera. Estudios sobre la colonización microbiana de las raíces indican que las bacterias se distribuyen irregularmente en el rizoplano en función del tipo de planta, del suelo y de las especies de microorganismos (Lynch 1990).

Las PGPRs colonizan la rizósfera de las gramíneas, debido a la presencia de compuestos orgánicos, producto de los exudados radicales, como: carbohidratos, ácidos orgánicos y factores de crecimiento microbiano atractivos para estas bacterias (Omay *et al.*, 1993). Dada la naturaleza química de los exudados radicales las PGPRs, las utilizan como fuente de energía y las transforman en sustancias promotoras de crecimiento vegetal (Jacoud *et al.*, 1999).

3.8.2.4 Factores que afectan la colonización de rizobacterias

La actividad y la supervivencia de las PGPRs en la rizósfera depende de diversos factores físicos o químicos, tales como pH, textura, disponibilidad de nutrientes, humedad y temperatura, contenido en materia orgánica, y sobre todo, las interacciones con los microorganismos en la rizósfera. La interacción con el factor biótico es importante, ya que además de la ocupación de nicho que debe tener lugar adhiriéndose físicamente a la raíz, la población inoculada debe competir activamente por los nutrientes disponibles, sustratos liberados vía exudación principalmente,

manteniendo una población umbral mínima, necesaria para desencadenar el efecto biológico en la planta (Nehl *et al.*,1997).

Por ende, no les afecta ni la temperatura, ni la humedad, ya que si las condiciones de estos parámetros fluctúan, ellas forman estructuras de resistencia (endosporas) acomodándose a las condiciones del medio (Foster, 2001).

3.8.2.5 Posibles mecanismos de acción de (PGPRs) sobre el crecimiento vegetal

Glick (1998) menciona que las PGPR pueden actuar de manera indirecta o directa:

Mecanismos indirectos: los metabolitos producidos por las PGPR pueden funcionar como determinantes antagónicos, suprimen o inhiben el crecimiento de microorganismos perjudiciales para el desarrollo de la planta, vía producción de sideróforos, antibióticos, acción de enzimas líticas (glucanasas, quitinasas) o inducción de mecanismos de resistencia.

Mecanismos directos: ocurren cuando los metabolitos producidos por algunas cepas de rizobacterias son utilizados como reguladores de crecimiento o precursores de éstos por parte de la planta.

La conjunción de ambos mecanismos de acción ha dado como resultado la promoción evidente del crecimiento en plantas; se ha observado un incremento en la emergencia, el vigor y el peso de plántulas, un mayor desarrollo en sistemas radiculares y un incremento hasta de 30% en la producción de cultivos de interés comercial, tales como papa, rábano, jitomate, trigo y soya (Hall 1999).

3.8.2.6 Efecto con el resto de los nutrimentos

Los compuestos inorgánicos insolubles de fósforo no están totalmente disponibles para las plantas, pero por la acción de bacterias solubilizadoras de P estos pueden presentarse en formas asimilables para las raíces de las plantas. Las principales especies activas en esta conversión pertenecen a los géneros: *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Flavobacterium*.

Las rizobacterias son importantes en la adquisición de nutrientes por la planta, por ejemplo, hacen disponible el hierro en forma de sideróforos para recompensar esa deficiencia nutricional (Dashti *et al*, 1997).

En la rizósfera la fijación de nitrógeno se realiza aparentemente solo por ciertos tipos de bacterias y por algunos miembros del taxón Archea; estos diazotrofos incluyen algunas especies de *Bacillus spp.*, *Clostridium spp.* y *Klebsiella spp.* miembros de la familia Azotobacteriaceae, Rhizobiaceae y del orden Rhodospirillales (Singleton, 2004).

3.8.2.7 Efectos hormonales de PGPRs en las plantas

El mecanismo de acción directo de las PGPRs por excelencia es la producción de fitohormonas. Algunas especies de los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Bacillus* liberan el ácido indol- acético (AIA), giberelinas o citoquininas en la rizósfera de las plantas, ejerciendo un efecto estimulador del crecimiento especialmente en estado de plántula (Lebuhn *et al.*, 1994).

Los mecanismos involucrados en este proceso incluyen la fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y la producción de fitohormonas (Lisboa, 2003), por ejemplo *Pseudomonas spp.* y *Bacillus spp.*, solubilizan algunos elementos poco móviles del suelo, como el fósforo.

Las bacterias diazotróficas pertenecientes a los géneros *Rhizobium*, *Azotobacter* y *Azospirillum*, consideradas de importancia agrícola por su acción como PGPRs al producir fitohormonas como las auxinas, citocininas, giberelinas y las enzimas 1 aminociclopropano-acido carboxílico (ACC)-deaminasa, sustancias que favorecen el desarrollo del sistema radical y el crecimiento de las plantas (Dobbelaere *et al.*, 2003). Esto ocurre por aumento de la división celular que alarga la raíz y promueve formación de pelos radicales, y en consecuencia la resistencia al estrés osmótico por aumento de clorofila, K, Ca, azúcares solubles y contenido de proteínas (Kennedy *et al.*, 2004).

Berg y Hallman (2006), indican que la promoción de crecimiento en las plantas inoculadas con rizobacterias ocurre por varios factores; uno de ellos es la síntesis de ciertas sustancias reguladoras de crecimiento como giberelinas, citocininas y auxinas,

las cuales estimulan la densidad y longitud de los pelos radicales, aumentando así la cantidad de raíces en las plantas. Esto favorece la capacidad de absorción de agua y nutrientes, permitiendo que las plantas sean más vigorosas, productivas y tolerantes a condiciones climáticas adversas.

3.8.2.8 Interacción de PGPRs con microflora de la rizósfera

La competencia de nutrientes genera en la rizósfera interacciones microbianas acordes al metabolismo de la planta debido a la liberación de sustancias difusantes, secreciones, lisados, gases y mucilagos (Benizri *et al.*, 2001).

Las rizobacterias son agentes de control biológico a través de la antibiosis y parasitismo, también ejercen competencia con otros organismos al crecer cerca de los puntos de infección de la raíz, estando en una posición ideal al limitar el establecimiento y diseminación de patógenos (Weller *et al.*, 2002).

El establecimiento de poblaciones competitivas de microorganismos promotores de crecimiento de las plantas depende de aspectos como la colonización rizósferica de la planta, dada por la liberación de sus exudados radicales, y la capacidad de respuesta genética y quimioatrayente del microorganismo hacia la rizósfera (Jiménez *et al.*, 2003).

Ciertas bacterias de la rizósfera producen compuestos que pueden afectar positivamente al crecimiento y desarrollo de las plantas, desde su germinación hasta la senescencia (Kloepper *et al.*, 1989). Un gran número de rizobacterias han sido utilizadas como agentes de biocontrol en diversos cultivos y tienen gran potencial para el control de nematodos, especialmente las *Pseudomonas spp.* y *Bacillus spp.* Las rizobacterias generalmente colonizan las raíces, desencadenan una serie de reacciones de defensa en la planta hospedera (Pieterse y Vanloon, 1999).

La resistencia sistémica inducida (ISR) es una respuesta de defensa de la planta que reduce la severidad o la incidencia de la enfermedad o daño causado por un patógeno que se encuentra espacialmente separado del agente inductor (Kloepper y Ryu, 2006). La resistencia sistémica también puede ser inducida por sustancias químicas, denominándose entonces resistencia sistémica adquirida (SAR). Las

diferencias entre ISR y SAR son el agente inductor y los signos que presenta la planta. ISR es un fenómeno independiente del ácido salicílico, el etileno y el ácido masónico, y no produce proteínas relacionadas con la patogenicidad.

Las proteínas relacionadas con la patogenicidad son acumuladas en el SAR, inducida por patógenos y/o químicos. Además, SAR es dependiente del ácido salicílico. En cultivos como tomate, pepino y tabaco se ha demostrado ISR contra diversas plagas y enfermedades a partir de la colonización de las raíces de las plantas por rizobacterias (PGPR) y microorganismos endófitos (Kloepper y Ryu, 2006).

3.8.3 *Bacillus subtilis*

La bacteria *Bacillus subtilis* no es potencialmente patógena, no produce endotoxinas más bien secreta proteínas al medio con propiedades antifúngicas, como la subtilina y otros antibióticos. La subtilina liberada por *Bacillus subtilis*, actúa sobre la pared celular de hongos (Gonzales y Fragoso 2002).

B. subtilis puede contaminar los alimentos, pero raramente causa intoxicación alimenticia y es inofensivo para los animales (Ryan y Ray 2004). Además, se comprobó el efecto en la promoción de crecimiento de las plantas. La capacidad de *Bacillus spp.*, de formar esporas que sobreviven y permanecen metabólicamente activas bajo condiciones adversas, las hace apropiadas para la formulación de productos viables y estables para el control biológico, el cual mantiene la actividad antagonista contra varios hongos y bacterias patogénicos (Kloepper *et al.*, 2004).

Nakamura *et al.*, (1999), citado por Monteros (2005), indican que *Bacillus subtilis*, es un microorganismo cuyo hábitat natural es el suelo. Entre sus principales características se encuentra la capacidad para formar esporas en diversas condiciones de estrés, crecer en un intervalo amplio de temperaturas (desde 15 hasta 55°C), presentar motilidad, aerotaxis y velocidades de crecimiento altas, sobrevivir concentraciones salinas (hasta el 7% de NaCl).

3.8.3.2 Clasificación taxonómica

Bergey citado por Priest (1993) cita que la clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Mónera
Orden: Bacillales
Familia: Bacillaceae
Género: *Bacillus*
Especie: *B. subtilis*.

Las bacterias del genero *Bacillus* fueron una de las primeras en ser descritas, y han jugado un rol principal en el desarrollo de la microbiología.

3.8.3.3 Etimología del nombre científico

El nombre específico de *subtilis* deriva del latín fino, delgado delicado. En el francés se transformó en *subtil*, significando ingenioso, diestro (Nakano y Zuber 1998).

3.8.3.4 Descripción taxonómica

Entre las características de las bacterias pertenecientes al género *Bacillus* están: la forma bacilar, movilidad flagelar por flagelos, pueden llegar medir de 0,5-2,5 a 1,2-10 µm, además son aerobias estrictas o facultativas, saprofitas, Gram positivas, catalasa positiva, quimiorganotrofas de metabolismo fermentativo o realizan una respiración aerobia (Holt *et al.*, 2000).

Bacillus subtilis ha sido clasificada como un aerobio obligado, aunque recientes investigaciones han demostrado que esto no es correcto (Madigan y Martinko 2005).

3.8.3.5 Posibles mecanismos de *B. subtilis* en el crecimiento vegetal

Las bacterias del genero *Bacillus*, promueven la altura de la planta y tienen un efecto positivo al incrementar los rendimientos en varios cultivos; esto puede ser debido a que algunas especies del genero *Bacillus* inducen a desarrollar diferentes mecanismos: proporción directa de nutrientes, participación en la fijación de nitrógeno, fósforo y potasio, la solubilización de fosfato y otros nutrientes; o bien que las plantas sean capaces de producir hormonas vegetales y sustancias de crecimiento como el ácido indol acético o por la producción de sideroforos o antibióticos para la supresión de microflora dañina (Hallman *et al.*, 1996).

El tratamiento a semillas de maíz y zanahorias con suspensiones, polvos que contienen la bacteria *B. subtilis*, ha protegido a las plantas contra patógenos de la raíz y ha dado como resultado mejor crecimiento y producción de esos cultivos (Agrios, 1997).

La bacteria *Bacillus subtilis*, es usada principalmente en USA como cubierta de semillas, es aplicada principalmente en papa y maíz (Backman *et al.*, 1994). Presenta positiva influencia en la vitalidad de la planta y habilidad para hacer frente las condiciones abióticas como la sequía y la salinidad (Bochow *et al.*, 2001).

Los mecanismos por los que las bacterias del Género *Bacillus* actúan son variados y no completamente conocidos, además, pueden incidir factores como la edad de la planta, tipo de suelo, temperatura, atmosfera del suelo, fertilidad, luz, efectos foliares y la actividad microbiana (López y Sandoval, 2002; citado por Lisboa, 2003).

3.8.3.6 Efectos hormonales de *B. subtilis* en las plantas

Bacillus subtilis libera ácido indol acético (AIA) y giberelinas en la rizósfera de las plantas, ejerciendo un efecto estimulador del crecimiento especialmente marcado cuando estas están en estado de plántula (Brown, 1974).

3.8.4 *Bacillus amyloliquefaciens*

Bacillus amyloliquefaciens es una bacteria radicular que fue aislada y seleccionada por su capacidad de promover el crecimiento radicular y aumentar la resistencia de la planta frente a factores abióticos y bióticos. Los mismos autores señalan que la bacteria *B. amyloliquefaciens* pertenece al grupo de riesgo I, es decir al grupo de bacterias no patógenas (Mari *et al.*, 1996).

La rizósfera colonizada por *B. amyloliquefaciens* se distingue de *B. subtilis*, por su habilidad para secretar enzimas degradadoras de macromoléculas, para promover el crecimiento de las plantas (Breccia *et al.*, 1998). Este organismo forma una fuerte endospora cuando las condiciones no son las mejores.

3.8.4.2 Clasificación taxonómica

Bergey citado por Priest (1993), muestra la siguiente clasificación taxonómica:

Orden: Bacillales

Familia: Bacillaceae

Género: *Bacillus*

Especie: *B. amyloliquefaciens*

3.8.4.3 Etimología del nombre científico

B. amyloliquefaciens fue descubierto en 1943 en el suelo por un científico japonés llamado Fukumoto, quien dio el nombre de (*faciens*) debido a que la bacteria produce un aceleramiento, (lique) en forma licuada de la amilasa (Priest, 1993).

3.8.4.4 Descripción taxonómica

B. amyloliquefaciens es una bacteria Gram positiva, aeróbica, tiene una pared celular gruesa, presenta la forma de bastoncillos y cocos. Presenta flagelos peritricos y una espora central que crece en amplios rangos de pH, temperatura y NaCl.

En condiciones extremas forma una resistente endospora (Priest, 1993).

3.8.4.5 Posibles mecanismos de *B. amyloliquefaciens* el crecimiento vegetal

Formulaciones preparadas con esporas de *B. amyloliquefaciens* son aplicadas como agentes desecantes en las semillas de maíz aumentando el crecimiento de las plantas y la vitalidad. La acción antagónica de *B. amyloliquefaciens* se debe a la bacilomicina antimicótica de lipopeptides. El poliketido antibacteriano bacillaene fue recientemente detectado en el filtrado del cultivo de la cepa, sugiriendo que este organismo está bien equipado para competir dentro de la rizósfera de la planta (Mari *et al.*, 1996).

Muchas especies de *Bacillus* producen enzimas hidrolíticas poli celulares que se encargan de degradar los compuestos que están disponibles en el suelo como son polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos, lo que permite a estas bacterias usar dichos productos como fuente de carbono y donadores de electrones. Una de las enzimas más conocidas que secretan las especies de *Bacillus* es la amilasa, enzima encargada principalmente de degradar el almidón y convertirlo en dextrina (Schlegel, 1997).

3.8.4.6 Efectos hormonales de *B. amyloliquefaciens* en las plantas

B. amyloliquefaciens tiene efectos positivos como: producción de fitohormonas (giberelinas, auxinas, citocininas), de nitritos y nitratos, solubilización de fosforo, producción de sustancias antimicrobianas y antifúngicas (Mari *et al.*, 1996).

3.8.5 *Trichoderma harzianum*

3.8.5.1 Origen

Las primeras investigaciones fueron realizadas por Portes en 1924, pero estas fueron abandonadas por el auge de controles químicos (Bell citado por Macas, 1994).

3.8.5.2 Importancia

Trichoderma spp. es un hongo anaeróbico facultativo que naturalmente se encuentra en el suelo en poblaciones representativas, especialmente los que contienen una buena cantidad de materia orgánica o desechos vegetales en descomposición. Su desarrollo se ve favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente por estos microorganismos (Ec-Organics 2008).

Uno de los mecanismos interesantes de *Trichoderma* es tomar los nutrientes de los hongos (a los cuales degrada) y de materiales orgánicos ayudando a su descomposición, por lo cual las incorporaciones de materia orgánica y compostaje lo favorecen; también requiere de humedad para poder germinar, la velocidad de crecimiento de este microorganismo es bastante alta, por esto es capaz de establecerse en el suelo y controlar enfermedades; probablemente sea el hongo beneficioso más versátil y polifacético que abunda en los suelos (Bell citado por Macas, 1994).

3.8.5.3 Características

Trichoderma harzianum es un hongo mico-parasito. Este hongo crece y se ramifica en típicas hifas que pueden oscilar entre 3 y 12 μm de diámetro, según las condiciones del sitio donde se esté reproduciendo. La esporulación asexual ocurre en conidios unicelulares de color verde generalmente tienen 3 a 6 μm de diámetro, presenta conidióforos gruesos y cortos recogidos en penachos (FAO 2011).

3.8.5.4 Clasificación Taxonómica

La clasificación del hongo *Trichoderma harzianum* es la siguiente: (Martínez, 2007)

Reino:	Fungi
División:	Ascomycota
Orden:	Hypocreales
Familia:	Hypocreaceae
Género:	<i>Trichoderma</i>
Especie:	<i>Harzianum</i>

3.8.5.5 Mecanismo de acción

Trichoderma harzianum es un hongo hiperparásito que actúa por medio de una combinación de competencia por nutrientes, producción de metabolitos anti fúngicos, enzimas hidrolíticas y micoparasitismo, además producen sustancias promotoras de crecimiento de las plantas, la aplicación directa al suelo ofrece incluso una protección mayor a los cultivos (Michel, 2001).

En investigaciones con cepas de este género, se observó su destreza para colonizar las raíces de las plantas, también formas de acción como:

Micoparasitismo: el desarrollo de las hifas de *Trichoderma spp.*, es directo hacia las hifas patógenas, mismas que sujeta, penetra y extrae los nutrimentos provocando daños parciales en las zonas que permanecieron en contacto con el antagonista.

El micoparasitismo atributo de todas las especies de *Trichoderma spp.*, y el mejor mecanismo de control biológico de distintas enfermedades fúngicas.

Puede reducir el uso de plaguicidas limitando el ataque de enfermedades de raíz y ofrecer protección a largo plazo para los trasplantes en campo (Ec-Organics 2008).

Antibiosis: libera compuestos antibióticos y compuestos enzimáticos extracelulares que inhiben el desarrollo de hongos fitopatógenos.

Destrucción de patógenos por el hongo *T. harzianum*, intervienen una gran cantidad de enzimas que son capaces de segregar sustancias antibióticas.

Competencia: por espacio y durante su establecimiento aprovecha todos los nutrientes disponibles. El mecanismo de competencia que poseen algunas cepas de *Trichoderma* se considera esencial para la prevención de enfermedades, pues la zona colonizada no podrá ser ocupada por ningún patógeno.

Promotor: Aumento en el crecimiento de las raíces que se genera por la secreción de fitohormonas, y en consecuencia existe una mejora en la tolerancia al estrés hídrico.

Efectivo como aditivo a turbas empleadas en semilleros, o aplicada directamente en trasplantes, en plantas de maceta o invernaderos.

Las plantas disponen de varias vías y mecanismos para resistir el ataque de diversos patógenos. Aunque algunas veces el patógeno supera la propia defensa vegetal, produciendo una infección muy difícil de combatir, es posible aumentar las defensas de la planta frente a dichos agentes patógenos (Donoso *et al.*, 2008).

El uso de *Trichoderma harzianum* como agente de biocontrol es mayoritariamente preventivo, ya que si todavía no ha habido ataque, la planta está preparada y protegida para impedir la infección fúngica, y si ésta se ha producido ya, la acción del hongo *Trichoderma* proporciona a la planta una ayuda para superar dicha infección, llegando en algunos casos a controlarla (Locket *et al.*, 1994).

Actualmente, se está dando la aplicación directa en campo, tanto en cultivos hortícolas como en extensivos, pues el hongo *T. harzianum* parece producir un efecto beneficioso tanto en el sistema radicular, como en la parte aérea de la planta.

Ensayos llevados en cultivos de crisantemo, la aplicación de *Trichoderma* a una concentración de 1×10^6 controló buen número de hongos del suelo (Locket *et al.*, 1994).

Ávila *et al.*, (1991) aducen que el control de hongos fitopatógenos a través del empleo de biopreparados a base de *Trichoderma*, *Penicillium* y otros hongos, es uno de los métodos utilizados en el manejo integrado de plagas y enfermedades.

4. LOCALIZACION

4.1 Ubicación geográfica

El trabajo de investigación se realizó en el Centro de investigación en Cultivos Andinos Quipaquipani, ubicado en las proximidades de la ciudad de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz. En la figura 2 se muestra el mapa de ubicación de esta comunidad.

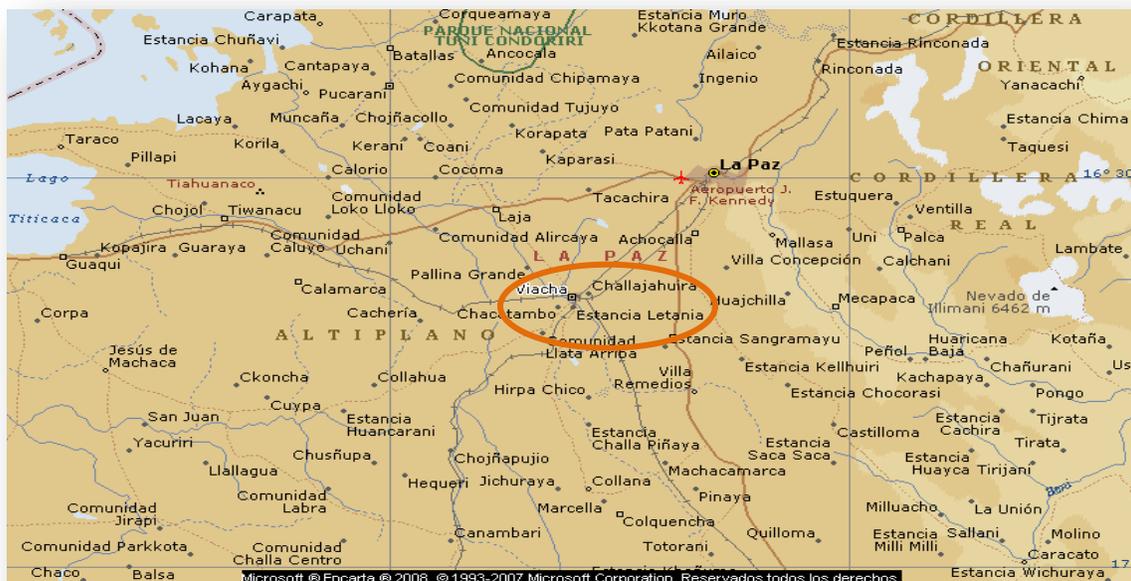


Figura 2. Ubicación geográfica del Centro de Investigación en Cultivos Andinos

El centro de investigación se encuentra situada a 41 Km de la ciudad de La Paz y a 4 Km de la ciudad de Viacha, geográficamente se encuentra situada a 68°17'58" longitud oeste; 16°40'30" de latitud sur y una altura de 3880 msnm.

4.2 Características agroecológicas de la zona

4.2.1 Clima

La zona se caracteriza por presentar una estación lluviosa en verano con fuertes tormentas de granizo, en los meses de diciembre a febrero. En cuanto la temperatura varían en promedios de 3-5 °C durante las noches, y 23 °C durante el día de intensa radiación (Quispe, 1999).

4.2.2 Comportamiento climático

4.2.2.1 Precipitación

En la figura 3 se muestran los datos de precipitación pluvial ocurridos durante el desarrollo del cultivo de quinua, donde se observa que la máxima precipitación ocurrida se concentró en los meses de enero con un valor de 151,5 mm y en el mes de febrero con 128,9 mm.

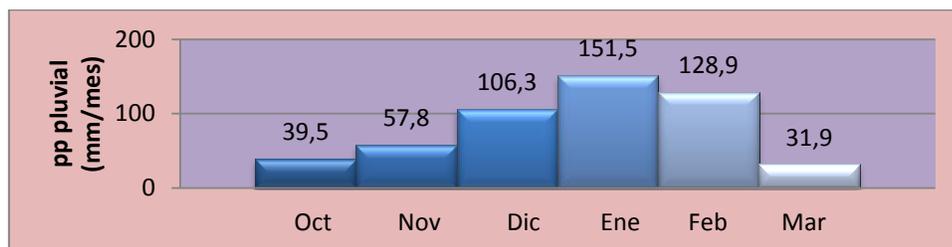


Figura 3. Precipitación pluvial ocurrida durante el desarrollo del cultivo en la comunidad de Quipaquipani 2009-2010 (mm/mes).

4.2.2.2 Temperatura

En la figura 4, se observa que la temperatura máxima media se vio durante el mes de noviembre alcanzando 22,3°C, mientras que la temperatura mínima media se registró durante el mes de enero y febrero con 3,10°C.

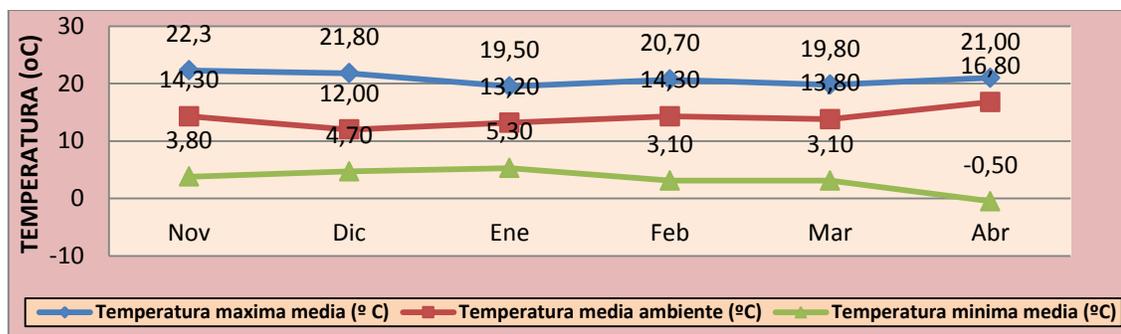


Figura 4. Comportamiento de la temperatura máxima, mínima y media durante el desarrollo del cultivo en la comunidad de Quipaquipani 2009-2010 (°C)

Se observa una temperatura promedio ambiente de 11,3°C, temperatura máxima media de 17,9°C y temperatura mínima media de 2,9°C.

4.2.3 Suelo

El suelo es de origen aluvial con deposiciones finas, la profundidad varia de 20 a 50 cm esto facilita el laboreo y posee material necesario de macro y micro nutrientes.

Según el instituto ecológico de la UMSA los suelos de Viacha presentan una textura franco arcilloso, arenoso, con pH ligeramente básico, con contenido moderado de materia orgánica que tiene relación con el bajo contenido de nitrógeno total mientras que el fósforo y el potasio están en alta cantidad.

4.2.4 Vegetación

En esta zona la vegetación predominante está compuesta por especies nativas de tipo herbáceo y la mayoría pertenece a la familia Poaceas (gramíneas) de ciclo perenne además de otras especies herbáceas y arbustivas. Entre las especies cultivables se tiene a la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), papa (*Solanum tuberosum*), cebada (*Hordeum vulgare*), papaliza (*Ullucus tuberosum*), avena (*Avena sativa*).

4.2.5 Características Fisiográficas

Fisiográficamente el lugar de estudio corresponde a un espacio de planicie anegada, casi plano con una pendiente de 1 % de micro relieve liso.

5 MATERIAL Y METODOS

5.1 Materiales y Equipos

5.1.1 Material Biológico

Entre los materiales biológicos empleados se tiene a una variedad de quinua y bioinsumos preparados en base a microorganismos (Tricotop y Biobacillus).

A) Variedad de quinua Jacha Grano

La variedad Jacha Grano es el resultado del mejoramiento genético orientado a la obtención de variedades de ciclo precoz, grano grande, blanco, amargo y de amplia adaptación.

La variedad se adapta bien en el Altiplano central y Sur (3800-3600msnm), en el norte se comporta en niveles aceptables, aunque en años lluviosos es parcialmente susceptible al mildiu. Los suelos aptos para la variedad son francos, franco arcilloso y arenoso. Responde a la fertilización química como también a la orgánica (Bonifacio *et al.*, 2003).

B) Promotores de crecimiento

a) TRICOTOP (*Trichoderma spp.*):

Descripción

El TRICOTOP es un bioinsumo en base a microorganismos benéficos nativos, con excelentes resultados en cultivos como hortalizas, frutales y otras, ver Anexo 1 (Ortuño *et al.*, 2009).

Composición

Trichoderma harzianum y *T. koningiopsis* (1.2 x10¹² esporas/g.....100%)

Modo de acción

El Tricotop permite a la planta:

- Supresión de enfermedades, en particular el Damping off de almacigueras y otras.
- Liberar sustancias que causa lisis en los hongos patógenos.
- *Trichoderma* tiene alta competencia en la rizósfera.
- Reduce el estrés ambiental, aplicado en una gran variedad de suelos, sustratos hidropónicos; pH 4-8. 10-35 °C.

Instrucciones de uso

No mezclar con fungicidas ni herbicidas. Es importante la aplicación de materia orgánica, para favorecer el establecimiento, multiplicación de los microorganismos.

Se puede aplicar a la siembra (aspersión a surco abierto) o al aporque (aspersión al cuello de las plantas, sobre el estiércol).

b) BIOBACILLUS

Descripción

BIOBACILLUS es un promotor de crecimiento desarrollado en base a microorganismos nativos benéficos, con excelentes resultados en cultivos de papa, maíz, quinua, hortalizas, frutales y plantas ornamentales, ver Anexo 1 (Ortuño *et al.*, 2009).

Composición

<i>Bacillus subtilis</i> y <i>Bacillus amyloquefaciens</i> (4 x10 ⁹ ufc/g.....	100%)
Ingrediente inerte CaCO ₂	99.99%

Modo de acción

- Suprime enfermedad del suelo. Libera sustancias reguladoras de crecimiento.
- Inicia la inducción de la Resistencia sistemática (RSI). Además realiza la exclusión de patógenos de la raíz por competencia.
- Puede activarse bajo diferentes condiciones (8-40°C)

Forma de aplicación

Se aplica a la siembra a surco abierto, sobre estiércol y sobre la semilla.

Es importante incorporar previamente el estiércol u otra materia orgánica, para favorecer el establecimiento multiplicación y efecto de los microorganismos

Para el caso de la quinua, la dosis es de 2 kg/ha aplicados en la siembra, siendo su efecto, activar la resistencia sistémica inducida contra el mildiu.

5.1.2 Material de Campo

- Lienza, cinta métrica, pala picota, rastrillos, estacas, azadón y hoz.
- Bolsas, calibrador vernier, cámara fotográfica.
- Pala para muestreo de suelo.
- Hielera, hielo.
- Marbetes, libreta de campo.
- Mochila fumigadora
- Bañadores
- Marcadores indelebles.

5.1.3 Material de laboratorio

- Balanza digital,
- Probetas de 10ml y de 50ml.
- Zarandas de diámetro 2 mm
- Alcohol al 70%.
- Agua destilada, detergente.
- Envases pequeños.
- Hipoclorito de sodio
- Estereomicroscopio

5.1.4 Material de Gabinete

- Computadora, calculadora
- Programa SAS, programa EXEL.
- Material de escritorio

5.1.5 Equipo

- Tractor agrícola
- Extractor de micro fauna
- Venteadora mecánica.

5.2 Metodología

5.2.1 Procedimiento Experimental

El trabajo de investigación se realizó durante la gestión Agrícola 2009-2010, iniciando con la siembra el 20 de Noviembre del 2009 y se procedió a realizar las evaluaciones pertinentes hasta la cosecha y obtención del grano limpio en junio 2010.

5.2.2 Análisis estadístico

El presente ensayo, con los datos obtenidos fue analizado bajo el diseño experimental: Bloques al azar con arreglo bifactorial (Calzada, 1982).

5.2.3 Modelo lineal aditivo

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \gamma_j + \alpha_k + \gamma\alpha_{jk} + \epsilon\epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Observación individual cualquiera

μ = Media poblacional

β_i = Efecto del i-esimo bloque

γ_j = Efecto del j-esimo factor A

α_k = Efecto del k-esimo factor B

$\gamma\alpha_{jk}$ = Efecto de la interacción factor A*B

$\epsilon\epsilon_{ijkl}$ = Error experimental

5.2.4 Factores de Estudio

Factor A: Abonamiento

a1: Con Materia orgánica

a2: Sin Materia orgánica

Factor B: Promotores

b1: Sin promotores (testigo)

b2: con Tricotop

b3: con Bacillus

b4: Tricotop y Bacillus

5.2.5 Formulación de Tratamientos

Cuadro 5. Formulación de los tratamientos del ensayo

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
T1: a1b1	Con Materia orgánica sin promotores
T2: a1b3	Con Materia orgánica con Bacillus subtilis
T3: a1b2	Con Materia orgánica con Trichoderma
T4: a1b4	Con Materia orgánica con Trichoderma y Bacillus
T5: a2b1	Testigo
T6: a2b2	Sin Materia orgánica con Trichoderma
T7: a2b3	Sin Materia orgánica con Bacillus subtilis
T8: a2b4	Sin Materia orgánica con Trichoderma y Bacillus

El croquis del experimento se observa en el Anexo 2.

5.3 Trabajo de Campo

5.3.1 Preparación y delimitación de terreno

El trabajo de campo se inició con la ubicación de un terreno, con una pendiente adecuada para establecer los tratamientos y luego se procedió a la roturación del área experimental empleando como apero el arado de discos por tener un terreno con un año agrícola de descanso, luego se procedió a mullir el suelo con una rastra de tal manera que quedó en condiciones para recibir la semilla.

Día antes de la siembra se efectuó el surcado del terreno utilizando una surcadora que presentó un distanciamiento adecuado para la siembra de la quinua.

5.3.2 Incorporación de materia orgánica

Se aplicó 10 Tn/Ha de estiércol de forma aleatoria a la mitad de tratamientos para evaluar su influencia contra la otra mitad de tratamientos donde no se aplicó estiércol.

Su incorporación se realizó en las primeras capas del suelo.

5.3.3 Aplicación de microorganismos

Para la aplicación de bioinsumos basados en microorganismos se siguió las instrucciones del protocolo que contenía cada uno de los productos elaborados, por

tanto se incorporó *Biobacillus* como también Tricotop y la combinación de estos dos en la semilla y posteriormente se procedió a la respectiva siembra.

La cantidad empleada de Tricotop fue de 10 kg/Ha el cual se mezcló con la semilla y luego se realizó la siembra en los tratamientos con abono y sin abono.

La cantidad de *Biobacillus* empleada fue de 2 kg/Ha, se incorporó a la semilla y luego se procedió a la siembra en los tratamientos con abono (estiércol) y sin abono.

Los microorganismos se ven afectados por los rayos UV, por tanto la aplicación de cada promotor se dio en horas de la tarde en un día nublado.

5.3.4 Siembra

Ante la deficiencia de humedad en el suelo para la siembra se procedió a realizar riego por surcos, tomando la precaución necesaria de un riego uniforme.

La siembra se realizó en fecha 20 noviembre 2009, siendo la distancia entre surcos de 0,50 m, con pasillos entre los bloques de 0,5 m (Ver Anexo 3).

La semilla de quinua fue distribuida a chorro continuo en el surco con una densidad de 6 kg/Ha.

5.3.5 Labores culturales y control fitosanitario

En razón de la presencia de malezas, se efectuó dos deshierbes el primero antes de la floración y el segundo después de la floración (Ver Anexo 4).

Las principales malezas que infestaron el área experimental fueron:

Cebadilla (*Bromus catharticus*)

Bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*)

Reloj reloj (*Erodium cicutarium* L.)

Trébol carretilla (*Medicago hispida*)

Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* H.)

En el segundo deshierbe se realizó a la vez un leve aporque para evitar el vuelco de las plantas.

Insectos plaga

Entre las plagas que se registraron se tiene:

Eurysaca quinoae Povoliny especie fitófaga conocida como q`hona q`hona, plaga clave la cual se controló mecánicamente debido a que la infestación fue baja. Y se notó que el clima tuvo una influencia directa en la población de esta plaga, (Ver Anexo 5).

Copitarsia incomoda especie fitófaga en estado larval es una plaga potencial, sin embargo, en el ensayo su presencia no fue de importancia por lo que no se realizó ningún control químico (Mujica 2004).

Enfermedades

La enfermedad que se presentó fue el mildiu provocado por *Peronospora variabilis*, que es un parásito obligado, su ataque inició en las hojas inferiores y se propagaron a las hojas superiores observándose manchas cloróticas.

El control se realizó aplicando un fungicida foliar, Ridomil a razón de 30 g/20 lt de agua (Mujica 2004).

5.3.6 Cosecha. trilla y Venteado

Cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica se procedió a la cosecha con la ayuda de una hoz, esta labor se efectuó por la mañana para evitar el desprendimiento de granos.

Luego se procedió a la trilla manual para desprender los granos de la panoja. Obtenido el material trillado este fue sometido al pre-venteado aprovechando las corrientes de aire que se presentaron, así se separó el grano de la broza (jipi).

Posteriormente se empleó una venteadora mecánica para afinar y uniformar la labor del venteo y así obtener un grano bien limpio, (Ver anexo 6).

5.3.7 Variables registradas

5.3.7.1 Variables Agronómicas

5.3.7.1.1 Altura de Planta (cm)

La medición de la altura de la planta se realizó desde la fase de cinco hojas alternas, se midió con la ayuda de una regla desde la base del cuello de la planta hasta el ápice de la misma, este valor fue tomado cada semana, se midieron cinco plantas marcadas aleatoriamente por cada unidad experimental.

5.3.7.1.2 Diámetro de tallo (mm)

El diámetro del tallo se registró con un calibrador vernier midiendo el cuello de la planta. Las lecturas se iniciaron en la fase de cinco hojas alternas, posteriormente las lecturas se realizaron cada semana a cinco plantas por unidad experimental.

5.3.7.1.3 Longitud de Panoja

La longitud de panoja se registró en la fase de madurez fisiológica. Se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma. Para esta variable también se tomó cinco plantas marcadas por unidad experimental para su respectiva evaluación.

5.3.7.1.4 Diámetro de Panoja

El diámetro de la panoja se determinó con un calibrador vernier, en la parte media de la panoja en la fase de madurez fisiológica. Se realizó el mismo procedimiento en las cinco plantas marcadas por unidad experimental.

5.3.7.1.5 Rendimiento de grano por tratamiento

Para determinar el rendimiento de grano por unidad experimental se cosecho dos surcos de 1m lineal, haciendo una parcela útil de 1 m² y posteriormente para el respectivo análisis estadístico se realizó la conversión respectiva a kg/ha.

5.3.7.1.6 Peso hectolítrico

El peso hectolítrico fue determinado colocando grano limpio en un probeta graduada de 10 ml luego se procedió a pesar este volumen en una balanza, se repitió el

procedimiento dos veces más por cada tratamiento, finalmente se sacó un promedio de las tres repeticiones.

5.3.7.1.7 Peso de grano grande

El peso de grano grande se evaluó separando los granos en dos grupos de diferentes diámetros. Para este fin se empleó un tamiz con malla de 2 mm en la que se introdujo el grano limpio obtenido por metro cuadrado de cada tratamiento. Luego se procedió a pesar en una balanza el grano con diámetro mayor a 2 mm por cada tratamiento y se tabuló los datos obtenidos por cada unidad experimental.

El peso de grano obtenido por metro cuadrado se evaluó en porcentaje finalmente.

5.3.7.1.8 Índice de Cosecha

El índice de cosecha de la quinua se obtuvo determinando la relación entre el peso de grano limpio respecto al peso seco de toda la planta, incluyendo el grano limpio (Robles 1986).

$$RIC = \frac{PG}{PG+PB}$$

Dónde:

RIC= Relación Índice de cosecha

PG= Peso de grano limpio en gramos

PB= Peso de broza en gramos (solo se considera peso de tallo, jipi)

5.3.7.2 Variables para del sistema radical

5.3.7.2.1 Longitud de raíz (cm)

Con la finalidad de medir la longitud de las raíces de los tratamientos, se extrajeron las plantas desde la parte subterránea con la ayuda de una pala.

Se seleccionó aleatoriamente 6 plantas de cada unidad experimental, de las cuales se extrajo la raíz con sumo cuidado del suelo después de la cosecha.

Se midió la raíz principal en cada muestra desde la base o el cuello de la planta hasta el ápice de la raíz con la ayuda de una cinta métrica.

5.3.7.2.2 Peso de raíz (g)

Después de evaluar el parámetro de longitud se procedió a medir el peso correspondiente de cada muestra, en total 6 pesos de raíz por tratamiento, para tal objetivo se empleó una balanza de precisión (Ver Anexo 7).

5.3.7.2.3 Volumen de raíz (cm³)

Para determinar el volumen de la raíz por tratamiento se empleó las mismas muestras empleadas para evaluar la longitud y peso de raíz

Se introdujo cada muestra de raíz, previamente remojada y lavada, en una probeta (50ml) que contenía un volumen conocido de agua, el cual aumentó al introducir la muestra de raíz (Ver Anexo 7).

Haciendo la diferencia entre el volumen inicial y el volumen final se obtuvo el valor del volumen de la raíz y así se procedió con las demás muestras de cada tratamiento.

5.3.7.3 Variables para la población de micro fauna en el suelo

5.3.7.3.1 Población de Collembolas

Para determinar la población de collembolas por tratamiento, se realizó un muestreo por unidad experimental (Knaebel 2007).

Para tomar la muestra por tratamiento se ha decidido recoger tres submuestras a una profundidad entre 15 a 20 cm, para este propósito previamente se eliminó la capa superficial del suelo, posteriormente se procedió a extraer las submuestras empleando una pala para muestreo ya desinfectada con hipoclorito. Para recolectar la siguiente sub muestra, se limpió y esterilizó la pala. En total se obtuvieron 8 muestras compuestas.

Una vez tomadas las muestras, estas se transportaron al laboratorio en una hielera con hielo para mantener una recomendable temperatura.

En laboratorio se procedió a pesar 100g con tres repeticiones de cada muestra; estos 100 g de suelo se introdujo con cuidado en el extractor el cual presenta un envase receptor que contenía alcohol al 70%, se dejó las muestras de 100gr en el extractor durante 48 horas (Ver Anexo 8).

Transcurrido el tiempo se recogió los envases receptores para luego proceder a la observación en estereomicroscopio. Se hizo barridos en caja Petri con marcación de celdas para el conteo de la población de collembolas (Ver Anexo 9).

5.3.7.3.2 Población de Ácaros

Para determinar la población de ácaros por tratamiento, se utilizó las muestras tomadas para determinar la población de collembolas. Y se realizó el mismo procedimiento en el extractor de micro fauna y el conteo de ácaros se dio también mediante la observación en estereomicroscopio.

5.3.7.4 Variables económicas

En el presente trabajo se consideró la rentabilidad de producción. Esta evaluación se realizó siguiendo el método de costos marginales para la estimación de estos costos comparativos.

La metodología utilizada en la evaluación económica fue el de Perrin (1988), por lo que se tiene el siguiente desglose:

5.3.7.4.1 Ingreso bruto

El ingreso bruto es el resultado del rendimiento del cultivo de quinua por el precio mismo del mercado por unidad de superficie.

$$\mathbf{IB=R*P}$$

Dónde: IB=Ingreso Bruto
R=Rendimiento
P= Precio en el mercado

5.3.7.4.2 Ingreso Neto

El ingreso neto es el resultado del ingreso bruto menos costos de producción

$$\mathbf{IN = IB - CP}$$

Dónde: IN= Ingreso Neto
IB=Ingreso Bruto
CP=Costos de producción

5.3.7.4.3 Relación beneficio costo

La relación beneficio costo es una relación de los ingresos brutos sobre los costos de producción el cual indica la rentabilidad de una actividad.

$$\mathbf{B/C = IB/CP}$$

Dónde: B/C=Beneficio Costo
IB=Ingreso Bruto
CP=Costos de Producción

La relación beneficio costo (B/C) se determina de la siguiente manera:

- La relación $B/C > 1$: Los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción por lo tanto el cultivo con cierto sistema de producción es rentable. el agricultor tiene ingresos.
- La relación $B/C < 1$: No existen beneficios económicos por lo tanto el cultivo con cierto sistema de producción no es rentable, el agricultor pierde.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados de las variables agronómicas

6.1.1 Altura de planta

El análisis de varianza (Cuadro 6), muestra que las diferencias entre bloques no son significativas para la altura de planta. Esto quiere decir que la relativa diferencia entre bloques no ha afectado a esta variable.

Podemos mencionar que la incorporación de abono (estiércol ovino) no influyó significativamente en la altura de las plantas.

Los bioinsumos (promotores), muestra diferencias significativas para esta variable. Esto muestra que el tipo y combinación de promotor influye significativamente en la altura de la planta.

En la interacción de estos dos factores (abono y promotores) no reportaron diferencias significativas para la altura de la planta.

El coeficiente de variación para la altura de la planta es de 12,27 lo cual indica que los datos tomados son confiables.

Cuadro 6. ANVA para la altura de la planta (cm) en la fase de madurez fisiológica.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	59,22	29,61	0,48	0,63NS
MATERIA ORGANICA	1	3,40	3,40	0,05	0,81 NS
PROMOTORES	3	982,00	327,33	5,27	0,0134 **
MO*PROMOTORES	3	193,15	64,38	1,04	0,41 NS
ERROR EXP	14	869,28	62,09		
TOTAL	23	2107,05			

CV=12,27

NS

No significativo

** Altamente significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para la altura de la planta con la aplicación de promotores de crecimiento se muestra en el cuadro 7.

Independientemente del estiércol aplicado, dentro del factor B (promotores) la prueba Duncan identificó que la mayor altura se dio con la combinación de Biobacillus

+Tricotop con un valor de 69,64 cm de altura promedio, le sigue el Biobacillus con 67,750 cm; en cambio la ausencia de promotores dio un valor inferior de 53,35cm.

Cuadro 7. Comparación de la altura de la planta (cm) con y sin la aplicación de promotores de crecimiento a través de la prueba de Duncan.

PROMOTORES	PROMEDIO DE ALTURA DE PLANTA (cm)	DUNCAN (5%)
Biobacillus +Tricotop	69,64	a
Biobacillus	67,75	a
Tricotop	66,13	a
Testigo	53,35	b

El comportamiento de las bacterias y hongos depende de la actividad de otros microorganismos y la disponibilidad de nutrientes; Pero no olvidemos que existen microorganismos que logran que los nutrientes del suelo estén disponibles, además, presentan acción sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas (Tate 1995).

En la figura 5 se observa que en los 8 tratamientos las alturas son similares con un desarrollo normal en todo el ciclo del cultivo, por otro lado el tratamiento donde solo se incorporó abono es el que presentó más baja altura con 53,50 cm.

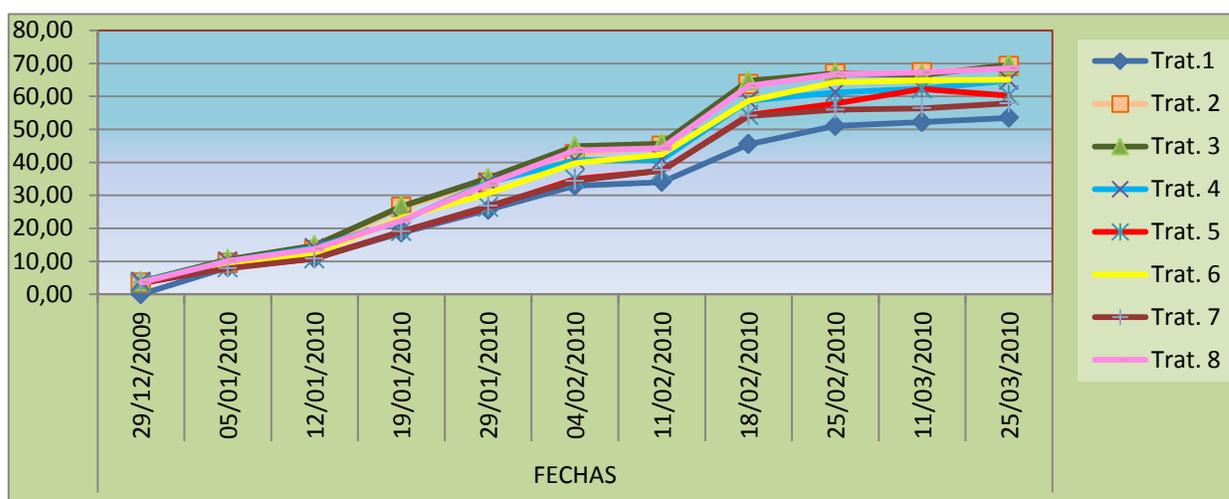


Figura 5. Crecimiento registrado por semanas de los diferentes tratamientos

Cárdenas (1999), indica que la humedad del suelo equivalente a capacidad de campo, constituye exceso de agua para el normal crecimiento y producción de la quinua, siendo suficiente solo $\frac{3}{4}$ de capacidad de campo ideal para su producción, incluso los productores indican que en los años secos se obtiene una buena

producción de quinua y no así en los lluviosos, lo cual coincide exactamente con los resultados de este ensayo ya que las plantas no alcanzaron mayor altura por las precipitaciones pluviales , concentradas (ver figura 3).

En el caso de la quinua es conocida la necesidad del nitrógeno y que la deficiencia de este elemento esencial, influye con la reducción del crecimiento de la planta (Rodríguez, 1991). Los resultados observados en la curva de crecimiento (Figura 5) confirma la deficiencia de Nitrógeno para el crecimiento de la quinua.

Las variedades tardías alcanzan mayores alturas a diferencia de las precoces, señalando que las diferencias de altura son de carácter genético (Barros 1996 citado por Gutiérrez 2003).

6.1.2 Diámetro de Tallo

Analizando los resultados del análisis de varianza del cuadro 8 podemos mencionar que, bajo condiciones de abonamiento de estiércol ovino y en la aplicación de promotores no se obtuvieron una influencia estadísticamente significativa al 5% en el diámetro de la planta. Esto muestra que la enmienda de estiércol y la aplicación de promotores no influyen significativamente en el diámetro de tallo de la planta.

De la misma manera en la interacción de estos dos factores (materia orgánica y promotores) no se encontraron diferencias significativas.

El coeficiente de variación es de 14,10 que se encuentra en un rango aceptable.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el diámetro de la planta (mm)

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	0,22	0,11	0,07	0,94 NS
MATERIA ORGANICA	1	0,44	0,44	0,27	0,61NS
PROMOTORES	3	5,89	1,96	1,20	0,35 NS
MO*PROMOTORES	3	2,12	0,71	0,43	0,73 NS
ERROR	14	23,04	1,65		
TOTAL	23	31,70			

CV=14,10

NS

No significativo

* Significativo

Según Mujica (2004) el grosor del tallo, depende de los genotipos y zonas donde se desarrolla así también la densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes.

Oscó (2009), indica el diámetro del tallo guarda relación con la altura de la planta, es así que en el presente estudio se registraron alturas entre 53 a 69 cm y de diámetros entre 0,76 y 1,49cm, estos valores como ya se ha explicado puede ser debido a que la variedad fuera precoz o no tuvieron disponibles el requerimiento nutricional adecuado.

Gutiérrez (2003) al realizar el análisis de correlación, para la altura de la planta y diámetro de tallo, encontró que a medida que las plantas se acercan a la última fase de crecimiento y desarrollo, existe una mayor correlación entre estas dos variables.

6.1.3 Longitud de Panoja

El análisis de varianza para la longitud de la panoja a la cosecha del cultivo de quinua, se muestra en el Cuadro 9. El cual indica que el abonamiento de estiércol tiene una influencia significativa en la longitud de panoja.

Los bioinsumos (promotores), también muestra diferencias significativas, esto indica que el tipo de promotor y combinación de este influye en la longitud de panoja.

En la interacción de estos dos factores (materia orgánica y promotores) se encontraron diferencias altamente significativas.

El coeficiente de variación es de 10,060 lo cual indica que los datos son confiables.

Cuadro 9. Análisis de varianza para longitud de panoja (cm)

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	7,27	3,64	0,51	0,61 NS
MATERIA ORGANICA	1	46,31	46,32	6,54	0,02 *
PROMOTORES	3	75,40	25,13	3,55	0,04 *
MO*PROMOTORES	3	134,48	44,83	6,33	0,01 **
ERROR	14	99,12	7,08		
TOTAL	23	362,59			

CV=10,060 NS No significativo * Significativo **Altamente significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para la longitud de la panoja con y sin la incorporación de abono se muestra en el Cuadro 10.

Los resultados de la prueba de Duncan muestran que con la incorporación de abono la longitud de panoja fue superior al promedio obtenido sin la aplicación de esta.

Cuadro 10. Comparación de la longitud de la panoja (cm) para la incorporación de materia orgánica a través de la prueba de Duncan.

APLICACIÓN DE MO	PROMEDIO DE LONGITUD DE PANOJA (cm)	DUNCAN (5%)
Materia Orgánica	27,838	a
Testigo	25,060	b

Aitken(1987) citado por Condori (2008) señala que es erróneo considerar que la quinua pueda desarrollarse en terrenos pobres, sino en aquellos relativamente ricos en materia orgánica, para un mejor desarrollo morfológico principalmente de la panoja.

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para la longitud de la panoja con la aplicación de promotores se muestra en el cuadro11.

Los resultados de la prueba de Duncan, nos muestra que las medias forman dos grupos, siendo los valores superiores para Biobacillus y la combinación Biobacillus + Tricotop.

Cuadro 11. Comparación de la longitud de la panoja (cm) con y sin la aplicación de promotores de crecimiento a través de la prueba de Duncan.

PROMOTORES	PROMEDIO DE LONGITUD DE PANOJA (cm)	DUNCAN (5%)
Biobacillus	28,85	a
Biobacillus +Tricotop	27,44	a-b
Testigo	24,94	b
Tricotop	24, 57	b

Al respecto Mujica (2004) indica que la longitud de la panoja es variable, dependiendo del lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos.

El cuadro 12 muestra el análisis de efectos simples, el cual indica que existen diferencias significativas en la longitud de panoja en la interacción del factor A (abonamiento) con los promotores.

La combinación de promotores (Biobacillus+Tricotop) se comportan de manera diferente empleando abonamiento, sin embargo por separado los promotores Bacillus y Tricotop con abono no muestran diferencias estadísticas.

Cuadro 12. Análisis de efectos simples en la interacción de los factores materia orgánica y promotores de crecimiento en la longitud de panoja.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%
Promotores (abono)	3	131,71	43,90	6,20	3,34 *
Promotores(sin abono)	3	83,42	27,81	3,93	3,34 *
MO (sin promotor)	1	4,39	4,39	0,62	4,60 NS
MO(Biobacillus)	1	29,88	29,88	4,22	4,60 NS
MO(Tricotop)	1	25,17	25,17	3,56	4,60 NS
MO(Bio+Trico)	1	153,12	153,12	21,63	4,60*
Error	14	99,12	7,08		

Para observar estas diferencias se graficaron las medias de la interacción de cada uno de los niveles de factores estudio (Figura 6).

En la figura 6 se muestra que la combinación de Biobacillus+Tricotop con abonamiento, tuvo el mayor promedio en longitud de panoja con 32,33 cm de longitud; En cambio donde no se empleó materia orgánica con Tricotop y el testigo tuvieron promedios inferiores de 24,083 y 22,997cm de longitud de panoja respectivamente.

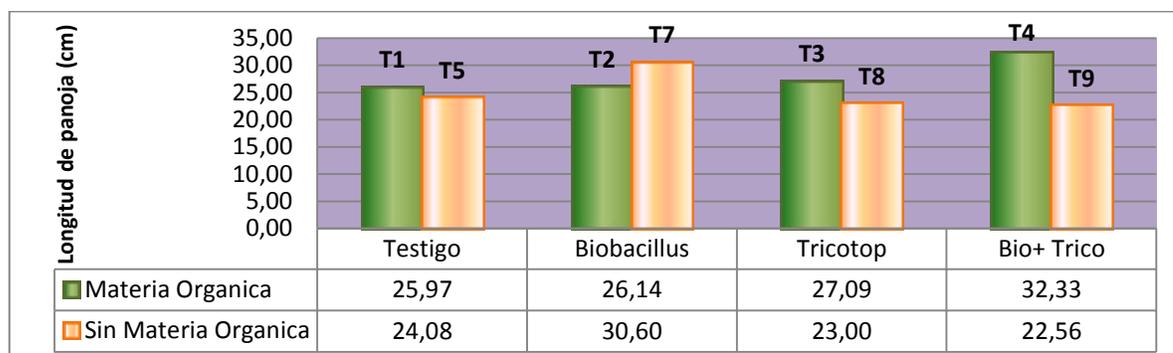


Figura 6. Interacción de los factores materia orgánica y promotores en la longitud de la panoja de la quinua.

Las bacterias del genero *Bacillus*, tienen un efecto positivo en el rendimientos de varios cultivos debido a que desarrolla mecanismos para la fijación y la solubilización de nutrientes; o bien para que las plantas sean capaces de producir hormonas vegetales y sustancias de crecimiento como el ácido indol acético (Hallman *et al.*, 1996).

Trichoderma es un hongo que presenta la capacidad de tomar los nutrientes de otros hongos (a los cuales degrada) y de materiales orgánicos ayudando a su descomposición, por lo cual las incorporaciones de materia orgánica y compostaje lo favorecen; lo cual concuerda con los resultados expuestos en la figura 6.

6.1.4 Diámetro de Panoja

El análisis de varianza (Cuadro 13), muestra que las diferencias entre bloques no son significativas para el diámetro de la panoja. Esto quiere decir, que la relativa diferencia entre bloques no afectado a esta variable; también podemos mencionar que, bajo condiciones de abonamiento de estiércol ovino no se obtuvo una influencia estadísticamente significativa.

En cambio bajo la aplicación de promotores si se obtuvo una influencia estadísticamente significativa al 5% en el diámetro de la panoja.

En la interacción de estos dos factores (materia orgánica y promotores) no se encontraron diferencias significativas.

El coeficiente de variación es de 8,055 lo cual indica que los datos son confiables.

Cuadro 13. Análisis de varianza para el diámetro de la panoja (mm)

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	2,86	1,43	0,32	0,73 NS
MATERIA ORGÁNICA	1	8,04	8,04	1,78	0,20 NS
PROMOTORES	3	67,03	22,34	4,95	0,015 *
MO*PROMOTORES	3	26,59	8,86	1,96	0,17 NS
ERROR	14	63,16			
TOTAL	23	167,68			

CV=8,055 NS

NS No significativo

* Significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el diámetro de la panoja con la aplicación de promotores de crecimiento se presenta en el cuadro 14.

Los resultados de la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad en el cuadro 14, nos muestra dos grupos de media para los promotores de crecimiento.

La aplicación de *Biobacillus*, *Tricotop* y la combinación (*Tricotop* + *Biobacillus*), registraron efecto favorable en el diámetro de panoja frente al testigo (Ver anexo 10).

Cuadro 14. Comparación del diámetro de la panoja (mm) con y sin la aplicación de promotores de crecimiento a través de la prueba de Duncan.

PROMOTORES	PROMEDIO DE DIAMETRO DE PANOJA (mm)	DUNCAN (5%)
Biobacillus	27,853	a
Tricotop y Biobacillus	27,500	a
Tricotop	26,518	b
Testigo	23,600	b

Según Olembó (1991), las bacterias son uno de los grupos más importantes y variados de microorganismos que participan en el proceso de fijación de nitrógeno en forma de amoníaco. En este caso se observa que la bacteria (*Bacillus sp*) coadyuvo en el desarrollo de la panoja.

Muchas especies de *Bacillus* producen enzimas hidrolíticas poli celulares que se encargan de degradar compuestos disponibles en el suelo como ser: polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos. Y usan dichos productos como fuente de carbono y donadores de electrones. Una de las enzimas más conocidas que secretan las especies de *Bacillus* es la amilasa, enzima encargada principalmente de degradar el almidón y convertirlo en dextrina (Schlegel, 1997).

En este caso se comprobó la capacidad de la bacteria (*Bacillus subtilis*) como promotor.

Se observa que la bacteria (*Bacillus sp*) en asociación con un hongo (*Trichoderma spp.*) presentaron un efecto positivo en el diámetro de la panoja.

6.1.5 Rendimiento

El análisis de varianza para el rendimiento del cultivo de quinua, se muestra en el cuadro 15 del cual podemos mencionar que, bajo condiciones de abonamiento de estiércol ovino y bajo la aplicación de promotores se obtuvo una influencia estadísticamente significativa en el rendimiento.

De la misma manera en la interacción de estos dos factores (abonamiento y promotores) se encontraron altas diferencias significativas.

El coeficiente de variación es de 9,023 lo cual indica que los datos son confiables.

Cuadro 15. Análisis de varianza para el Rendimiento (kg/ha).

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	11508,33	5754,17	0,43	0,658NS
MATERIA ORGÁNICA	1	100104,17	100104,17	7,50	0,016 *
PROMOTORES	3	707812,50	235937,50	17,67	0,0001**
MO*PROMOTORES	3	1199779,17	399926,39	29,96	0,0001**
ERROR	14	186891,67	13349,41		
TOTAL	23	2206095,83			

CV=9,023 NS No significativo * Significativo **Altamente significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el rendimiento con y sin abonamiento se muestra en la figura 7.

Los resultados de la prueba de Duncan nos muestran que el abonamiento ha favorecido al incremento del rendimiento, esto se demuestra por el valor superior en el promedio de rendimiento frente al rendimiento que no presenta abonamiento.

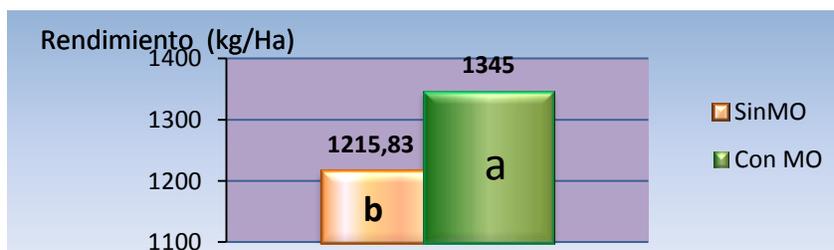


Figura 7. Rendimiento de grano de la quinua (kg/ha) en función del abonamiento de estiércol.

Al respecto Fuentes (2002) señala que la adición de abonos genera humus, de esta manera aporta en mayor o menor proporción elementos nutritivos que tengan un efecto positivo en el rendimiento de los cultivos. La liberación de micro elementos por la masa del abono orgánico varía en función de la actividad microbiana.

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el rendimiento con la aplicación de promotores se muestra en el figura 8.

Los resultados de la prueba de Duncan en la figura 8 nos muestran que las medias de rendimiento corresponden a tres grupos, siendo el primer grupo la combinación de Biobacillus+Tricotop cuyo rendimiento es el más alto 1516,67 kg/Ha, el segundo grupo está formado por los tratamientos con Biobacillus y Tricotop con medias similares e intermedios en rendimiento y finalmente el testigo tiene la media de rendimiento más bajo con 105,67 kg/Ha.

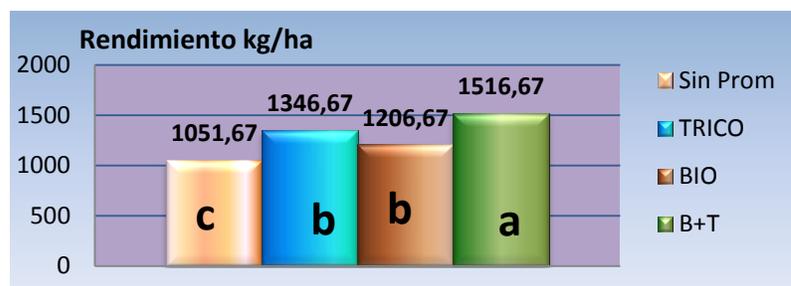


Figura 8. Rendimiento de la quinua (kg/Ha) en función de la aplicación de promotores

Duran (2006) indica que los promotores de crecimiento presentan sustancias bióticas que pueden ejercer cambios promocionales saludables en los cultivos en consecuencia mejorar el rendimiento del cultivo.

El análisis de efectos simples se muestra en el cuadro 16, el cual indica que existen diferencias significativas en el rendimiento de la quinua empleando los promotores con o sin abonamiento (factor A).

El análisis muestra que el Tricotop con abonamiento no mostro diferencias estadísticas, pero el Biobacillus y la combinación de (Biobacillus+Tricotop) con abonamiento se comportaron estadísticamente diferente.

Cuadro 16. Análisis de efectos simples en la interacción de los factores materia orgánica y promotores de crecimiento en el rendimiento de la quinua.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%
Promotores (con abono)	3	482758,34	160919,45	12,05	3,34 *
Promotores(sin abono)	3	1424833,33	474944,44	35,58	3,34 *
MO (sin promotor)	1	74816,67	74816,67	5,60	4,60 *
MO(Biobacillus)	1	194399,99	194399,99	14,56	4,60 *
MO(Tricotop)	1	38398,99	38398,99	2,88	4,60 NS
MO(Biobacillus+Tricotop)	1	992266,66	992266,66	74,33	4,60*
Error	14	186891,67	13349,40		

Para observar las diferencias se graficaron las medias de la interacción de cada uno de los niveles de factores estudio (Figura 9).

En la figura 9 muestra que la combinación de Biobacillus+Tricotop con el empleo de materia orgánica, tuvo el mayor promedio en rendimiento 1923,330 kg/Ha; en cambio el testigo tuvo un promedio inferior de 940 kg/Ha de rendimiento de quinua.

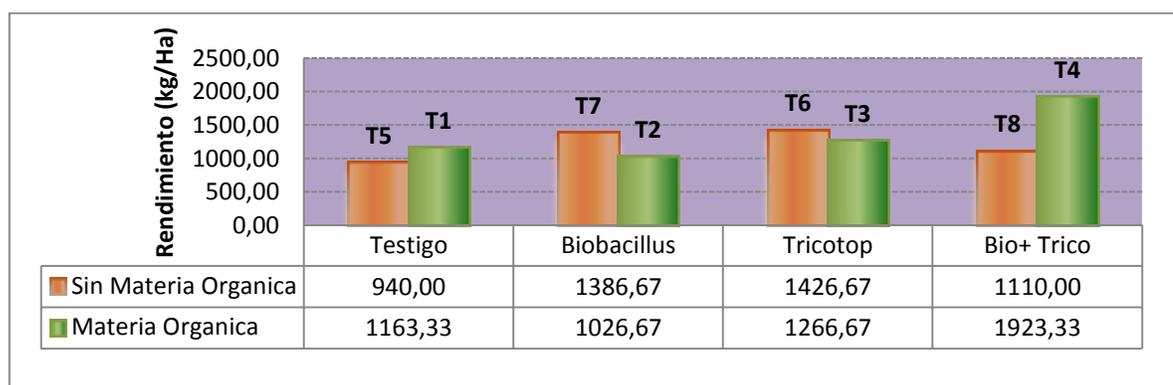


Figura 9. Interacción de los factores materia orgánica y promotores en el rendimiento de la quinua.

Fuentes (2002) indica que parte del amoníaco del estiércol es recuperado por las plantas o permanece en el suelo, donde los microorganismos lo convierten en nitratos o nitritos. Los nitratos pueden almacenarse en el humus en descomposición y estar disponible de esta manera para el cultivo.

Bacillus tiene efectos positivos en la producción de fitohormonas, producción de nitritos y nitratos, solubilización de fósforo (Mari *et al.*, 1996). Además la rizósfera

colonizada por *Bacillus* se distingue por su habilidad para secretar eficientemente enzimas degradadoras de macromoléculas, para promover el crecimiento de las plantas (Breccia *et al.*, 1998).

Trichoderma produce sustancias promotoras de crecimiento de las plantas, su aplicación directa al suelo ofrece incluso una protección mayor a los cultivos (Michel, 2001). De esta manera se confirma el efecto favorable que presentan los promotores en el rendimiento de la quinua.

6.1.5 Peso Hectolítrico

Del análisis de varianza del Cuadro 17 podemos mencionar que, bajo condiciones de abonamiento de estiércol ovino no se encontraron diferencias significativas.

Pero en la aplicación de promotores e interacción de los factores (materia orgánica y promotores) si se encontraron diferencias significativas.

El coeficiente de variación es de 1,67 lo cual indica que los datos son confiables.

Cuadro 17. Análisis de varianza para el Peso Hectolítrico

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	0,03	0,015	1,09	0,36 NS
MATERIA ORGÁNICA	1	0,01	0,007	0,53	0,48 NS
PROMOTORES	3	0,18	0,058	4,21	0,02 *
MO*PROMOTORES	3	0,16	0,055	3,95	0,031*
ERROR	14	0,19	0,014		
TOTAL	23	0,57			

CV=1,67 NS No significativo * Significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el peso hectolítrico con la aplicación de promotores se muestra en el cuadro 18.

Los resultados de la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad (cuadro 18), nos muestra que las medias forman dos grupos, siendo los valores superiores para Tricotop y la combinación Biobacillus + Tricotop.

Cuadro 18. Comparación de peso hectolítrico con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.

PROMOTORES	PROMEDIO DE PESO HECTOLITRICO	DUNCAN (5%)
Biobacillus +Tricotop	7,15	a
Tricotop	7,09	a
Testigo	7,07	b
Biobacillus	6,92	b

Muchas especies de *Bacillus* producen enzimas que se encargan de degradar los compuestos que están disponibles en el suelo como son polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos, lo que permite usar dichos productos como fuente de carbono (Schlegel, 1997). En el presente trabajo se puede observar su efecto positivo en esta variable.

El análisis de efectos simples se muestra en el cuadro 19, el ANVA indica que existe diferencias significativas en el peso hectolítrico empleando promotores con abono orgánico. Y dentro de los promotores el Tricotop y Biobacillus con abonamiento mostraron diferencias estadísticas.

Cuadro 19. Análisis de efectos simples en la interacción de los factores abono y promotores en el peso hectolítrico del grano de quinua

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%
Promotores (con abono)	3	0,331	0,110	8,106	3,34 *
Promotores(sin abono)	3	0,0084	0,0028	2,063	3,34 NS
MO (sin promotor)	1	0,0109	0,0109	0,805	4,60 NS
MO(Biobacillus)	1	0,0663	0,0663	4,886	4,60 *
MO(Tricotop)	1	0,0986	0,0986	7,264	4,60 *
MO(Bio+Trico)	1	0,0003	0,0003	0,024	4,60 NS
Error	14	0,19	0,004		

Para observar las diferencias se graficaron las medias de la interacción de los factores estudio (Figura 10).

En la figura 10 muestra que el Biobacillus con abonamiento, tuvo el mayor promedio en el peso hectolítrico con un valor de 7,26; en cambio donde se empleó Tricotop con abonamiento se tuvo un promedio inferior 6,80 de peso hectolítrico respectivamente.

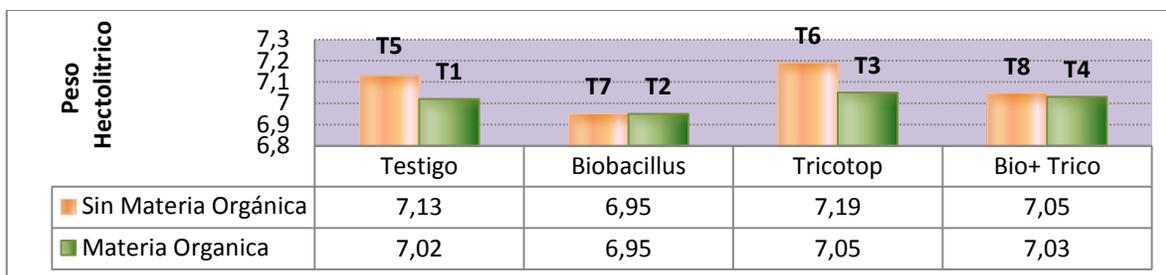


Figura 10. Interacción de los factores materia orgánica y promotores en el peso hectolítrico del grano de quinua.

Mujica *et al* (2006) indica que los valores en peso hectolítrico más altos se obtienen con variedades de grano duro que con el tipo de grano suave. Por su parte IBTA (1996) cita que el peso hectolítrico está influenciado por el tamaño, forma, densidad y contenido de humedad del grano. Un lote formado de semillas maduras seleccionadas presenta mayor peso volumétrico que otro lote con semillas inmaduras, mal formadas y vacías. El valor de peso hectolítrico encontrado en el presente trabajo muestra que los granos de Jacha Grano presentan uniformidad en tamaño y dureza.

6.1.6 Peso de grano grande en %

El análisis de varianza de cuadro 2 indica que, bajo condiciones de abonamiento de estiércol ovino existe una influencia altamente significativa al 1% lo mismo sucede con la aplicación de promotores. Pero en la interacción de estos dos factores (materia orgánica y promotores) no se encontraron diferencias significativas.

El coeficiente de variación es de 16,575 lo cual indica que los datos son aceptables.

Cuadro20. Análisis de varianza para el peso de grano grande

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	13,64	6,82	0,42	0,6663 NS
MATERIA ORGÁNICA	1	739,58	739,58	45,35	0,0001**
PROMOTORES	3	822,95	274,32	16,82	0,0001 **
MO*PROMOTORES	3	460,81	153,60	9,42	0,0012**
ERROR	14	228,32	16,31		
TOTAL	23	2265,29			

CV= 16,575

NS No significativo

**Altamente significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el Peso de grano grande con y sin la incorporación de materia orgánica se muestra en el cuadro 21.

Los resultados de la prueba de Duncan al 5% de probabilidad nos muestran que las medias de peso de grano grande con abono y sin abono corresponden a grupos diferentes, siendo superior el peso con la incorporación de abono.

Cuadro 21. Comparación del peso de grano grande con la incorporación de materia orgánica a través de la prueba de Duncan.

NIVELES DE MO	PROMEDIO DE PESO DE GRANO GRANDE (%)	DUNCAN (5%)
Con Materia Orgánica	29,915	a
Testigo	18,813	b

En este sentido Rodríguez (2005) plantea la clasificación de la semilla de acuerdo al tamaño, de esta manera conseguir cierta uniformidad por las características externas.

De acuerdo a la clasificación por IBNORCA (Cuadro 1) este grano pertenece a la especial (granos extra grandes mayores a 2 mm) y primera clase (granos grandes).

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el peso de grano grande con la aplicación de promotores se muestra en el cuadro 22.

Los resultados de la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad (cuadro 22), nos muestra que los tratamientos con promotores arrojan medias que forman tres grupos, el Tricotop mostro un valor inferior de 17% para esta variable, las medias fueron similares para Biobacillus y el Testigo; pero la media para la combinación de Tricotop con Biobacillus es superior. Esto significa que la combinación de promotores fue favorable para el % de grano grande, deduciéndose su efecto benéfico para el tamaño de grano.

Cuadro 22. Comparación de peso de grano grande (%) con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.

PROMOTORES	PROMEDIO PESO DE GRANO GRANDE (%)	DUNCAN (5%)
Con Tricotop y Biobacillus	33,43	a
Con Biobacillus	23,89	b
Testigo	23,05	b
Con Tricotop	17,08	c

El análisis de efectos simples se muestra en el cuadro 23, el ANVA indica que existen diferencias significativas en el % de grano grande empleando promotores con o sin abono. Dentro del factor b (promotores) el testigo y Biobacillus con abonamiento mostro diferencias estadísticas, también la combinación de Biobacillus con Tricotop; pero el Tricotop con abonamiento no mostro diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 23. Análisis de efectos simples en la interacción de los factores materia orgánica y promotores en el peso de grano grande (%) de quinua

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%
Promotores (con abono)	3	976,88	325,63	19,97	3,34 *
Promotores(sin abono)	3	306,88	102,29	6,27	3,34 *
MO (sin promotor)	1	183,47	183,47	11,25	4,60 *
MO(Biobacillus)	1	211,50	211,50	12,97	4,60 *
MO(Tricotop)	1	4,56	4,56	0,28	4,60 NS
MO(Bio+Trico)	1	808,68	808,68	49,56	4,60 *
Error	14	228,32			

Para observar las diferencias se graficaron las medias de la interacción de los factores en estudio (Figura 11).

En la figura 11 muestra que el Tricotop+ Biobacillus con abonamiento, tuvo el mayor promedio en % de grano grande con un valor de 45%; en cambio donde se empleó Biobacillus sin abonamiento se tuvo un promedio inferior 11% de peso de grano grande.

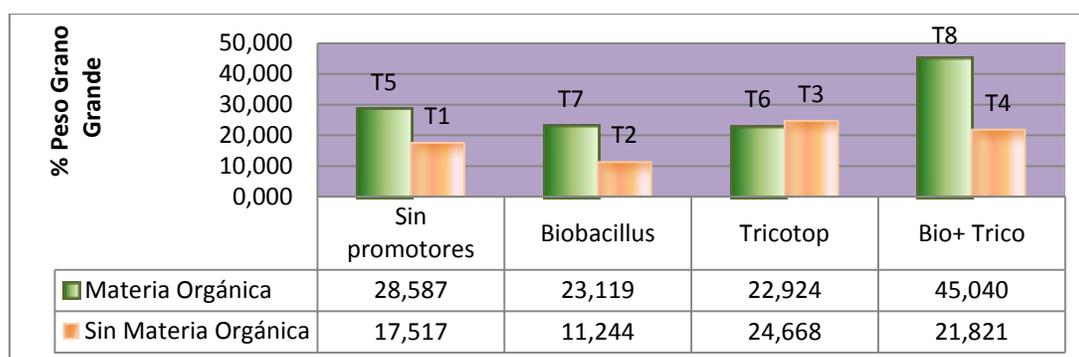


Figura 11. Interacción de los factores abonamiento y promotores en él % de grano grande de quinua.

El peso, tamaño final del grano está determinado por la duración del periodo de llenado, la potencialidad genética de cada variedad y las condiciones ambientales que influyen en la uniformización de los granos (Córdoba *et. al*, 2004).

En el presente trabajo se comprueba la potencialidad genética de la variedad Jach`a Grano pero también se observa que las condiciones del suelo con la adición de promotores influyen en el porcentaje de grano grande.

6.1.7 Índice de Cosecha

El análisis de varianza para el Índice de Cosecha, se muestra en el cuadro 24, el mismo que muestra diferencias significativas al 1 % para las fuentes de materia orgánica y promotores de crecimiento, en cambio las otras fuentes de variación no son significativos.

El coeficiente de variación es de 16,74 lo cual indica que los datos son confiables.

Cuadro 24. Análisis de varianza para el Índice de Cosecha

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	0,01	0,01	1,16	0,341 NS
MATERIA ORGÁNICA	1	0,02	0,02	4,87	0,044*
PROMOTORES	3	0,07	0,02	4,36	0,022 *
MO*PROMOTORES	3	0,04	0,01	2,54	0,098 NS
ERROR	14	0,07	0,005		
TOTAL	23	0,22			

CV=16,74198

NS No significativo

* Significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el Índice de Cosecha con y sin la incorporación de estiércol ovino se muestra en el cuadro 25.

Los resultados de la prueba de Duncan al 5% de probabilidad nos muestran que la incorporación de Materia orgánica reporta una media inferior frente al testigo.

Cuadro 25. Comparación del Índice de Cosecha con y sin la incorporación de materia orgánica a través de la prueba de Duncan.

NIVELES DE MO	PROMEDIO DE INDICE DE COSECHA	DUNCAN (5%)
Testigo	0,461	a
Con Materia Orgánica	0,396	b

Los valores de índice de cosecha hallados por Condori (2008) varían entre 0,45 a 0,5 para tratamientos con riego y fertilización orgánica, esto indica que hubo aporte para la formación de biomasa foliar ocurriendo lo mismo en el presente trabajo. Consecuentemente se puede señalar que el peso de grano es inferior frente al peso de la planta en los tratamientos con materia orgánica.

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el Índice de Cosecha con la aplicación de promotores de crecimiento se muestra en el cuadro 26.

Los resultados de la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad (cuadro 26) nos muestra que los tratamientos con promotores arrojan medias que forman dos grupos, siendo el primer grupo el testigo cuyo valor es de 0,52 siendo superior al otro grupo donde se empleó los promotores.

Cuadro 26. Comparación del Índice de Cosecha con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.

PROMOTORES	PROMEDIO DE INDICE DE COSECHA	DUNCAN (5%)
Testigo	0,52	a
Con Tricotop y Biobacillus	0,43	b
Con Tricotop	0,39	b
Con Biobacillus	0,38	b

El índice de cosecha obtenido en quinua en promedio alcanza a 0,30 con una variación de 0,4 a 0,45 dependiendo de las variedades (Todo sobre quinua 2007). Los resultados obtenidos en el ensayo superan el rango descrito en el caso del testigo.

Esto se debió a que la biomasa foliar (tallo y broza) del testigo era menor al grupo donde se aplicó los promotores. Esto indica que hubo mayor aporte para la formación de biomasa foliar por parte de los promotores.

6.2 Resultados de las variables del sistema radical

6.2.1 Volumen de Raíz

El análisis de varianza del cuadro 27 muestra que, bajo condiciones de abonamiento de estiércol ovino y en la aplicación de promotores se obtuvo una influencia estadísticamente significativa.

Pero en la interacción de estos dos factores (materia orgánica y promotores) no se encontraron diferencias significativas.

El coeficiente de variación es de CV=13,00 lo cual indica que los datos son confiables.

Cuadro 27. Análisis de varianza para el volumen de raíz (cm³)

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	0,87	0,43	0,38	0,693 NS
MATERIA ORGÁNICA	1	5,89	5,89	5,12	0,0401*
PROMOTORES	3	13,86	4,62	4,01	0,0296 *
MO*PROMOTORES	3	5,01	1,67	1,45	0,271 NS
ERROR	14	16,12	1,15		
TOTAL	23	41,74			

CV= 13 NS No significativo * Significativo **Altamente significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el volumen de raíz con y sin la incorporación de materia orgánica se muestra en el cuadro 28.

La prueba de Duncan, indica que las medias de volumen de raíz con materia orgánica y sin materia orgánica corresponden a grupos diferentes, siendo superior el volumen de raíz sin aplicación de materia orgánica.

Cuadro 28. Comparación del volumen de raíz con y sin la incorporación de materia orgánica a través de la prueba de Duncan

NIVELES DE MO	PROMEDIO DE VOLUMEN DE RAIZ (cm ³)	DUNCAN (5%)
Testigo	8,7483	a
Con Materia Orgánica	7,7575	b

Mujica (2004) indica que en casos de sequía la raíz de la quinua presenta mayor profundidad, alargamiento lateral, y en consecuencia mayor volumen. Un suelo con bastante materia orgánica retiene más humedad. Es decir la quinua en presencia de una humedad adecuada en el suelo, no incrementa su volumen en raíz.

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el volumen de raíz con la aplicación de promotores se muestra en el cuadro 29.

Independientemente del estiércol aplicado los resultados de la prueba de Duncan en el cuadro 29, nos muestra dos grupos de media para los promotores de crecimiento. La aplicación de Biobacillus, Tricotop y la combinación (Tricotop+ Biobacillus), registraron mayor volumen de raíz frente al testigo.

Cuadro 29. Comparación del volumen de raíz (cm³) con y sin la aplicación de promotores de crecimiento a través de la prueba de Duncan.

PROMOTORES	PROMEDIO DE VOLUMEN DE RAIZ (cm ³)	DUNCAN (%5)
Con Tricotop y Biobacillus	9,15	a
Con Tricotop	8,51	a
Con Biobacillus	8,30	a
Testigo	7,05	b

Berg y Hallman (2006), indican que la promoción de crecimiento en las plantas inoculadas con rizobacterias ocurre por la síntesis de ciertas sustancias reguladoras de crecimiento como giberelinas, citoquininas y auxinas, las cuales estimulan la densidad y longitud de los pelos radicales, aumentando así la cantidad de raíces en las plantas.

6.2.2 Longitud de raíz

El análisis de varianza (Cuadro 30), muestra que no hay diferencias significativas entre bloques para la longitud de raíz. Esto quiere decir, que la relativa diferencia entre bloques no ha afectado a esta variable.

Podemos mencionar que la incorporación de materia orgánica (estiércol ovino), también el factor B que son los bioinsumos (promotores de crecimiento) muestran altas

diferencias significativas para esta variable. Esto muestra que la incorporación de materia orgánica el tipo de promotor y combinación influye significativamente en la longitud de raíz.

En la interacción de estos dos factores (abono y promotores) también se encontraron diferencias altamente significativas.

El coeficiente de variación para la longitud de raíz es de 1,49 lo cual indica que los datos obtenidos son aceptables.

Cuadro 30. Análisis de varianza para la longitud de raíz (cm)

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	0,84	0,42	2,38	0,1285NS
MATERIA ORGÁNICA	1	5,26	5,26	29,81	0,0001**
PROMOTORES	3	23,20	7,73	43,81	0,0001**
MO*PROMOTORES	3	28,19	9,40	53,21	0,0001**
ERROR	14	2,47	0,18		
TOTAL	23	59,97			

CV=1,49 NS No significativo **Altamente significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para la longitud de raíz con y sin la incorporación de materia orgánica se muestra en el cuadro 31.

La prueba de Duncan, indica que las medias de longitud de raíz con materia orgánica y sin materia orgánica corresponden a grupos diferentes, siendo superior la longitud de raíz con aplicación de materia orgánica.

Cuadro 31. Comparación de la longitud de raíz con y sin la incorporación de materia orgánica a través de la prueba de Duncan.

NIVELES DE MO	PROMEDIO DE LONGITUD DE RAIZ (cm)	DUNCAN (5%)
Con Materia Orgánica	28,68	a
Testigo	27,74	b

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para la longitud de raíz con la aplicación de promotores se muestra en el cuadro 32.

Los resultados de la prueba de Duncan en el cuadro 32 nos muestran que las medias de longitud de raíz corresponden a tres grupos, siendo el primer grupo la combinación de Tricotop+Biobacillus cuya longitud de raíz es superior al segundo grupo que está formado por los tratamientos con Biobacillus y Tricotop con medias similares e intermedias en la longitud de raíz y finalmente el testigo que tiene la media de longitud de raíz más inferior, (Ver anexo 11).

Cuadro 32. Comparación de la Longitud de raíz con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.

PROMOTORES	PROMEDIO DE LONGITUD DE RAIZ (cm)	DUNCAN (5%)
Con Tricotop y Biobacillus	29,36	a
Con Tricotop	28,55	b
Con Biobacillus	28,28	b
Testigo	26,65	c

Estos resultados concuerdan con los reportados por Pereira *et al* (1998) y Kloeper *et al.*, (1991) quienes mencionaron que las bacterias promotoras de crecimiento se caracterizan por incrementar el desarrollo radical del cultivo. Cárdenas (1999), indica que la profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta.

El análisis de efectos simples se muestra en el cuadro 33, el ANVA indica que existen diferencias significativas en la longitud de raíz empleando promotores con ausencia o presencia de abono orgánico. Y dentro de los promotores la ausencia de estos y la combinación de Tricotop + Biobacillus mostro diferencias estadísticas.

Cuadro 33. Análisis de efectos simples en la interacción de los factores abono y promotores en la longitud de raíz de la quinua.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%
Promotores (con abono)	3	46,7605	15,587	88,561	3,34 *
Promotores(sin abono)	3	4,633	1,544	8,774	3,34 *
MO (sin promotor)	1	2,2083	2,2083	12,547	4,60 *
MO(Biobacillus)	1	0,002	0,002	0,011	4,60 NS
MO(Tricotop)	1	0,375	0,375	2,131	4,60NS
MO(Bio+Trico)	1	30,375	30,375	172,58	4,60 *
Error	14	2,47	0,176		

En la figura 12 muestra que el Biobacillus+Tricotop con abonamiento, tuvo el mayor promedio en longitud de raíz con un valor de 31,61 en cambio donde no se empleó abonamiento se tuvo un promedio inferior 27,11 de longitud de raíz respectivamente.

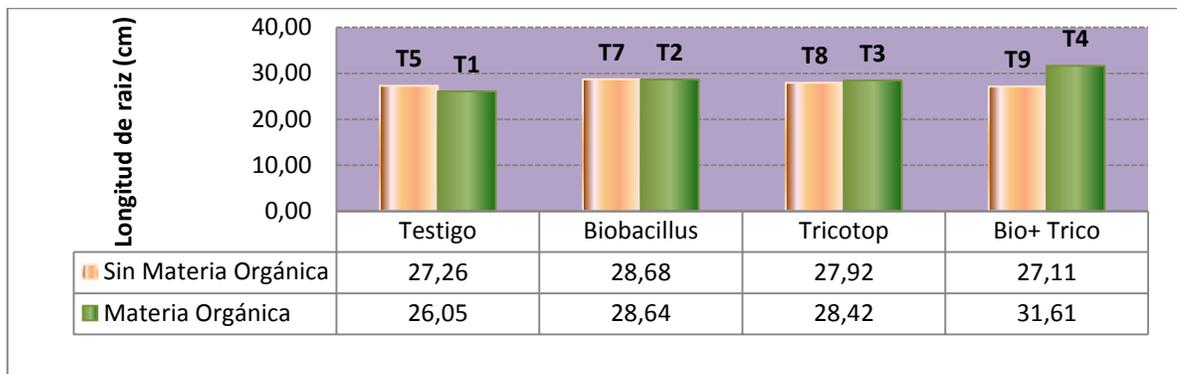


Figura 12. Interacción de los factores materia orgánica y promotores en la longitud de raíz de la quinua.

Mujica (2004) indica que la profundidad de raíz y distribución de las raicillas, varían con los genotipos. En casos de sequía la raíz alcanza mayor profundidad, mayor alargamiento lateral. En el periodo agrícola en que se realizó el ensayo, se tuvo frecuentes precipitaciones pluviales (Ver Figura 3), lo cual pudo influir en la profundidad y alargamiento lateral de la raíz.

6.2.3 Peso de raíz

El análisis de varianza (Cuadro 34), muestra que las diferencias entre bloques no son significativas para el peso de raíz. Esto quiere decir, que la relativa diferencia entre bloques no ha afectado a esta variable.

La incorporación de abono (estiércol ovino) no influyo significativamente en el peso de raíz. Pero el factor B que son los bioinsumos (promotores), muestra altas diferencias significativas para esta variable. Esto muestra que los promotores influyen significativamente en el peso de raíz.

En la interacción de estos dos factores (materia orgánica y promotores) no se encontraron diferencias significativas.

El coeficiente de variación es de 18,77 lo cual indica que los datos están en un rango aceptable.

Cuadro34. Análisis de varianza para el peso de raíz (g)

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	1,30	0,65	0,31	0,735 NS
MATERIA ORGÁNICA	1	0,06	0,06	0,03	0,868 NS
PROMOTORES	3	32,55	10,85	5,25	0,012 **
MO*PROMOTORES	3	10,10	3,37	1,63	0,227 NS
ERROR	14	28,96	2,069		
TOTAL	23	72,97			

CV=18,77 NS No significativo ** Altamente Significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para el peso de raíz con la aplicación de promotores se muestra en el cuadro 35.

Independientemente del estiércol aplicado los resultados de la prueba de Duncan en el cuadro 35, nos muestra dos grupos de media para el peso de raíz. La aplicación de *Biobacillus*, *Tricotop* y la combinación (*Tricotop+Biobacillus*), registraron efecto favorable en el peso de raíz frente al testigo.

Cuadro 35. Comparación del peso de raíz con y sin la aplicación de promotores a través de la prueba de Duncan.

PROMOTORES	PROMEDIO DEL PESO DE RAIZ (g)	DUNCAN (5%)
Con <i>Tricotop</i> y <i>Biobacillus</i>	8,99	a
Con <i>Tricotop</i>	8,11	a
Con <i>Biobacillus</i>	7,73	a
Testigo	5,81	b

Ollado (2001) menciona que el Pro bacil producto biológico elaborado en base a *Bacillus subtilis* ofrece ventajas como promover el desarrollo radicular y vegetativo.

Kleifeld y Chet (1992), indican que para el caso específico de los hongos promotores del crecimiento del género *Trichoderma* su aplicación ha producido en varias especies, aumento del peso seco y tamaño de las raíces.

Prescott (2004) menciona que existe evidencia de estimulación de raíces tratadas con *Trichoderma spp.* en algunas especies forestales y hortícolas.

6.3 Variables para la población de micro fauna en el suelo

6.3.1 Población de Colémbolos

Analizando los resultados del análisis de varianza del Cuadro 36 podemos mencionar que bajo condiciones de abonamiento de estiércol ovino se obtuvo una influencia estadísticamente alta.

Pero el factor B (promotores), no mostro diferencias significativas para esta variable. Esto muestra que el tipo de promotor y combinación no influye significativamente en la población de colémbolos en el suelo.

De la misma manera en la interacción de estos dos factores (materia orgánica y promotores) no se encontraron diferencias significativas.

El coeficiente de variación es de 18,42 lo cual indica que los datos son confiables.

Cuadro 36. Análisis de varianza para la Población de Collémbolas

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	0,15	0,07	0,06	0,94 NS
MATERIA ORGÁNICA	1	0,17	20,17	16,75	0,0011 **
PROMOTORES	3	5,21	1,74	1,44	0,273 NS
MO*PROMOTORES	3	4,58	1,53	1,27	0,323 NS
ERROR	14	16,85	1,20		
TOTAL	23	46,96			

CV=18,42

NS No significativo

** Altamente Significativo

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística para la población de colémbolos con y sin la incorporación de materia orgánica se muestra en el cuadro 37.

La prueba de Duncan indica que las medias para la Población de colémbolos con materia orgánica y sin materia orgánica corresponden a grupos diferentes, siendo superior la Población de colémbolos con abonamiento.

Cuadro 37. Comparación de la población de collémbolas con y sin abonamiento a través de la prueba de Duncan.

NIVELES DE MO	PROMED. POBLACION DE COLEBOLOS (unid)	DUNCAN (5%)
Con Materia Orgánica	7	a
Testigo	5	b

Atlas (2005) cita que en la rizósfera, las raíces de las plantas tienen una influencia directa en la composición y en la densidad del micro biota del suelo; es lo que se conoce como efecto rizosférico.

Koehler (1999), cita que los colémbolos suelen vivir en suelos donde puedan alimentarse de materia vegetal en descomposición, de tejidos muertos de animales y vegetales, de excrementos (detrivoros), de humus y de bacterias, hongos y esporas (microbivoros).

6.3.2 Población de ácaros

Analizando los resultados del análisis de varianza de cuadro 38 podemos mencionar que, bajo condiciones de abonamiento de estiércol ovino y la aplicación de promotores no existió una influencia estadísticamente significativa al 5%.

En la interacción de estos dos factores (materia orgánica y promotores) también no se encontraron diferencias significativas.

El coeficiente de variación es de 25,57 los datos están en un rango aceptable,

Cuadro 38. Análisis de varianza para la población de ácaros (unidades)

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
BLOQUE	2	0,02	0,01	0,06	0,943 NS
MATERIA ORGÁNICA	1	0,01	0,01	0,06	0,812 NS
PROMOTORES	3	0,11	0,04	0,22	0,884 NS
MO*PROMOTORES	3	0,62	0,21	1,16	0,361 NS
ERROR	14	2,48	0,18		
TOTAL	23	3,24			

CV=25,56837

NS No significativo

* Significativo

6.4 Variables Edafológicas

Es esencial considerar la naturaleza del medio suelo en el cual se desarrolla el cultivo y la microfauna.

6.4.1 Análisis físico de suelo post cosecha

La figura 13 muestra el análisis físico de suelo de los diferentes tratamientos en el área de estudio.

El análisis de densidad aparente se realizó con el método del cilindro en el IBTEN (Ver anexo 11).

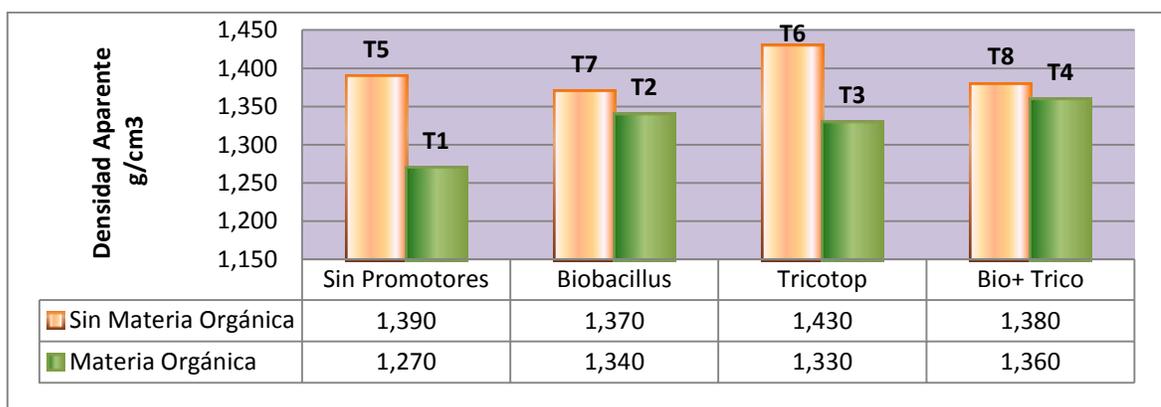


Figura 13. Análisis de densidad aparente de los diferentes tratamientos

De acuerdo a la clasificación de suelos presentado por Chilon el T1 presenta un suelo arcilloso con una porosidad de 51-60% de acuerdo a su textura, así mismo T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8 presentan un suelo franco arcilloso con una porosidad de 47-51% de acuerdo a su textura(ver anexo 14).

Con respecto a la densidad aparente podemos ver que el T1 presenta una textura diferente al de los demás tratamientos donde se aplicó promotores se puede evidenciar su efecto en la textura del suelo.

La porción inorgánica del suelo tiene un notable efecto sobre los habitantes microbianos, sobre la disponibilidad de nutrientes, aireación y retención de agua,

Además la fracción arcillosa es la que ejerce una mayor influencia en cuanto sus efectos microbiológicos.

Tanto la micro flora como la macro fauna a través de su acción mecánica en el suelo contribuyen a la formación de agregados estables que permiten modificar las propiedades físicas y de textura en los horizontes donde habitan (Hassenk, Chenu, Dalenberg, Bloem y Bouwman, 1994).

Al parecer en el presente trabajo la aplicación de promotores en las unidades experimentales modificaron las propiedades físicas del suelo.

6.4.2 Análisis químico de suelo post cosecha

El análisis fue realizado en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) (Ver anexo 12).

En las figuras 14, 15, 16 muestran los resultados del análisis químico del suelo en la post cosecha en los diferentes tratamientos.

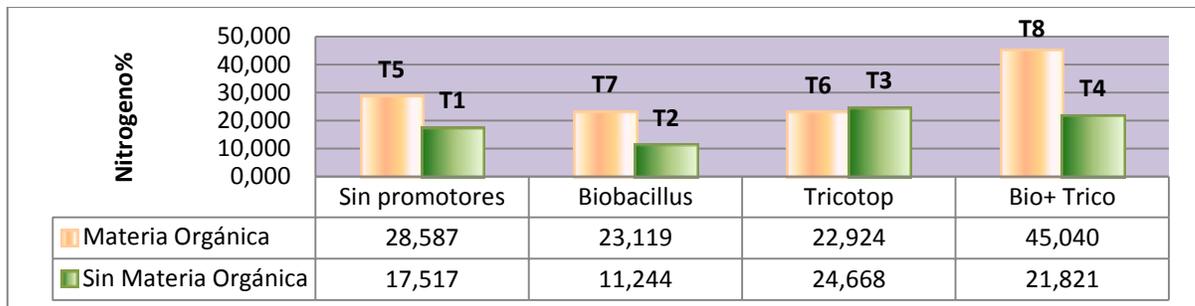


Figura 14. %Nitrógeno del suelo en los diferentes tratamientos

N Total. El N total en el suelo aumenta a consecuencia de la incorporación de estiércol de 10 tn/Ha; tal es el caso de T8 donde no se aplicó abono, presenta un valor de 0,07% y se ve un relativo aumento de 0,11% en T4 donde se aplicó abono.

Según Noriega (2011) su interpretación corresponde a bajo nivel de nitrógeno en el suelo en los diferentes tratamientos.

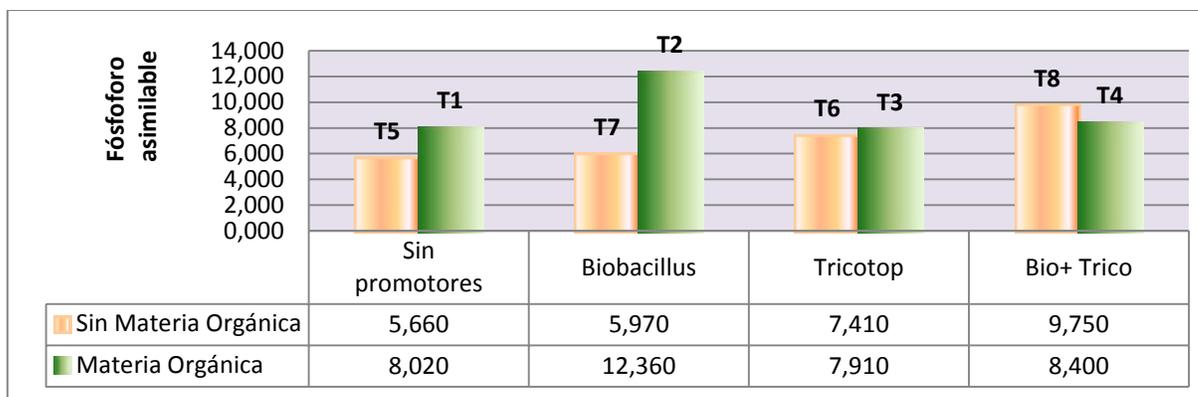


Figura 15. Fósforo asimilable del suelo en los diferentes tratamientos

P. Para el fósforo disponible (ppm), existe un aumento en los tratamientos que presenta incorporación de estiércol ovino, comparando el caso del T2 (con abono) con T7 (sin abono) el primero presenta un valor de 12,36 y el segundo de 5,97 ppm respectivamente.

Se puede ver el efecto favorable en el aumento de fósforo disponible (ppm) con la interacción de estiércol y Biobacillus. Según Chilon (1997), estos valores citados corresponden a altos

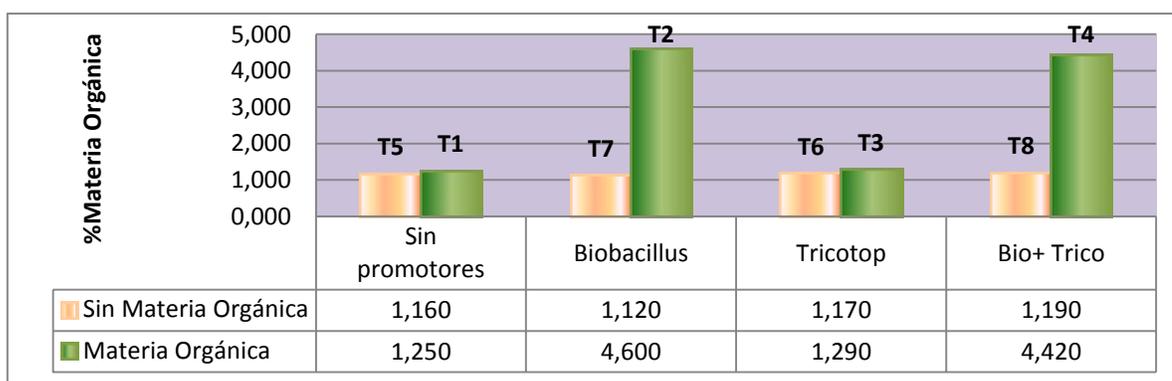


Figura 16. %Materia Orgánica del suelo en los diferentes tratamientos

MO. La cantidad de materia orgánica presenta un aumento en los tratamientos con abonamiento y la aplicación de Biobacillus, tal es el caso entre el T2 que presenta un valor de 4,6% y el T7 con un valor inferior de 1,12%. El tratamiento dos presenta un valor alto de materia orgánica frente a los otros tratamientos que presentan bajo % de materia orgánica (ver anexo 14).

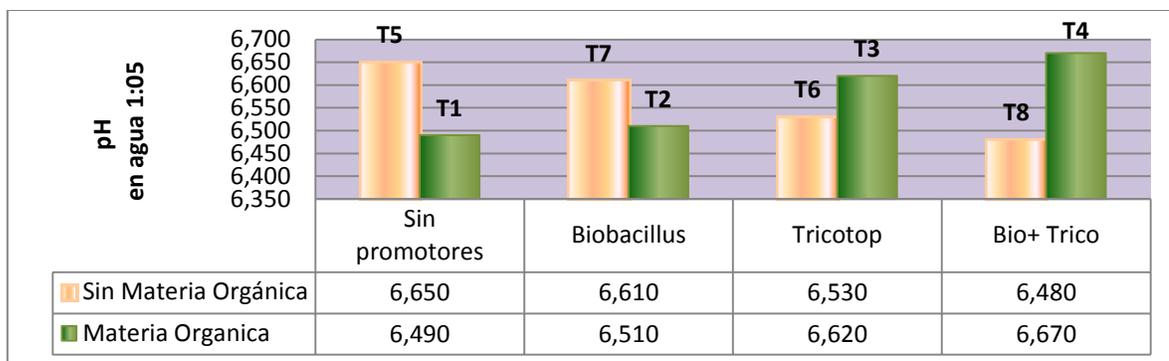


Figura 17. pH del suelo en los diferentes tratamientos

pH Con respecto al pH los tratamientos sin abonamiento presenta un valor de 6,6 similar a los tratamientos con abonamiento según las tablas de clasificación citado por Chilon (1997), los valores corresponden a suelos neutros.

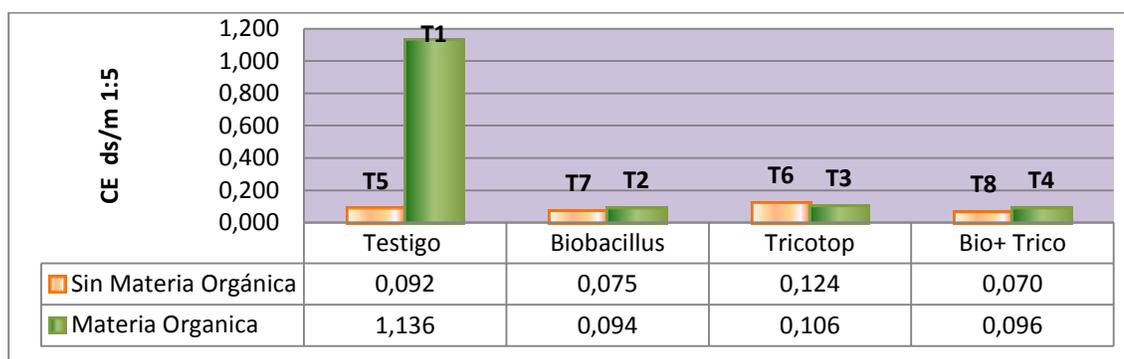


Figura 18. Conductividad eléctrica (ds/m) del suelo en los diferentes tratamientos

CE. La conductividad eléctrica, presenta un aumento en los tratamientos con estiércol incorporado; por ejemplo el caso del T5 que presenta un valor de 0,092 mmhos/cm comparando con el T1 que presenta un valor superior de 1,136 mmhos/cm.

Según la clasificación de LAYS Salcedo, citado por Cari *et al*, (1992) los valores corresponden a suelos sin problemas de sales.

6.5 Análisis de costo de producción

Los trabajos de investigación están dirigidos para dar alternativas al agricultor en la producción de determinados cultivos, donde pueda obtener mayores rendimientos y por ende resulte en mayores ingresos económicos para el agricultor.

Es por esta razón que el análisis económico nos da las pautas para poder identificar los tratamientos adecuados tanto en rendimiento, como en la obtención de beneficio, para luego ser empleada por los agricultores,

6.5.1 Variables económicas

6.5.1.1 Ajuste de rendimientos

El ajuste de rendimientos según Perrin (1988) es reducir los rendimientos de un 5% a un 30% para que se aproxime a lo que un agricultor podría lograr con la tecnología en un parcela grande, para el presente trabajo se toma el 10% de pérdidas ya que el experimento se llevó a cabo en las mismas condiciones que el agricultor podría cultivarlo, en el Cuadro 39 se presenta los rendimientos ajustados.

6.5.1.2 Beneficio bruto

El cuadro 39 muestra el análisis realizado para todos los tratamientos en función de los rendimientos obtenidos a su precio en el mercado.

En la figura 19 para cada uno de los rendimientos se tiene los mayores beneficios brutos en los tratamientos T8, T3, T2 y T6 que superan los 9000 Bs/ha esto se debe a los rendimientos obtenidos por los mismos.

Para los tratamientos T4 y T7 el Beneficio bruto que se obtuvo está entre 8000 Bs/ha; los menores ingresos brutos obtenidos son para los tratamientos T1 y T5 esto ha sido influenciado directamente por los rendimientos obtenidos.

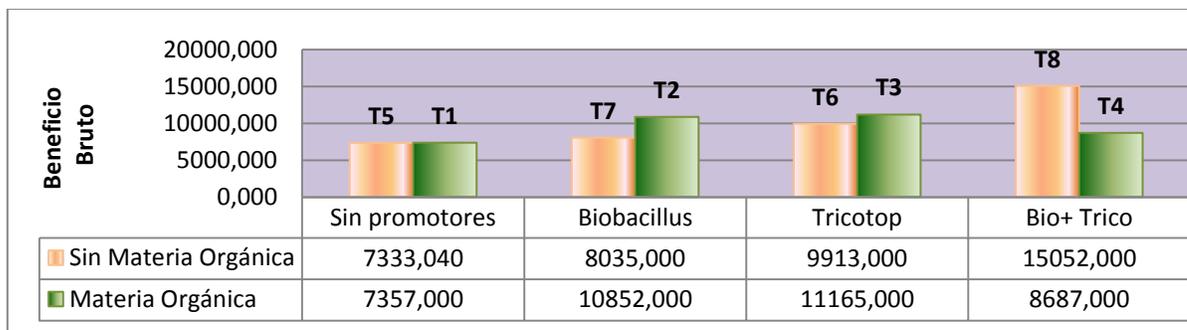


Figura 19. Beneficio bruto en los diferentes tratamientos.

6.5.1.3 Beneficio Neto

La estimación de los Beneficios netos se ven en la figura 20 que indica que el tratamiento T8 obtuvo mayor beneficio neto, esto debido al efecto de los promotores (Tricotop+Biobacillus) en el rendimiento, pero también se debió a que en este tratamiento y en algunos tratamientos el abono no significó un incremento en los costos de producción, entonces este hecho plantea que la incorporación de estiércol no es necesariamente beneficiosa para el agricultor en términos inmediatos.

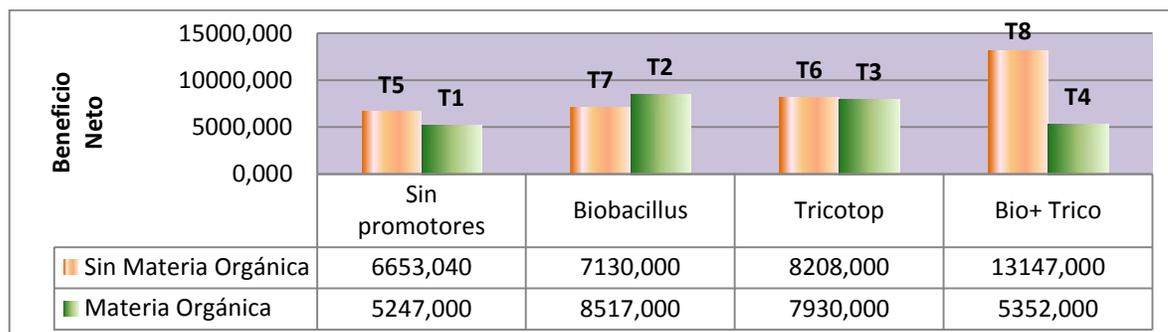


Figura 20. Beneficio neto en los diferentes tratamientos

6.5.1.4 Precio de campo

Perrin (1988) indica que el precio de campo del producto se define como el valor que se tiene para el agricultor a una unidad adicional de producción en el campo antes de la cosecha

6.5.1.5 Relación beneficio costo

En cuanto a la relación B/C, en el cuadro 39, se observa que el tratamiento T5 es más rentable económicamente con un valor de 10,78 Bs o sea por cada boliviano invertido, se recupera ese boliviano y se tiene una ganancia de 9,78 B esto debido a no haber un gasto de inversión en la aplicación de promotores y estiércol; pero también podemos observar que hay tratamientos muy rentables en este caso son los tratamientos T7 con 8,88 Bs seguido de T8 y T6 en estos tampoco hubo un gasto de inversión en cuanto a estiércol. Del mismo modo los demás tratamientos son también rentables ya que el beneficio costo de todos es mayor a uno aunque los retornos no son tan significativos como los otros (Ver figura 21).

Cuadro 39. Análisis de costos de producción

Indicadores económicos	CN MO				SN MO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rendimiento Kg/ha	940	1386,7	1426,7	1110	937	1266,7	1026,7	1923,3
Rdto ajustado kg/ha	846	1248	1284	999	843,3	1140	924	1731
Rendimiento @/ha	73,57	108,52	111,65	86,87	73,33	99,13	80,35	150,52
Precio por @	100	100	100	100	100	100	100	100
Costos que varían	2110	2335	3235	3335	680	1705	905	1905
Beneficios brutos(bs/ha)	7357	10852	11165	8687	7333,04	9913	8035	15052
Beneficios netos(bs/ha)	5247	8517	7930	5352	6653,04	8208	7130	13147
Beneficio/Costo	3,49	4,65	3,45	2,60	10,78	5,81	8,88	7,90

Fuente: Elaboración propia

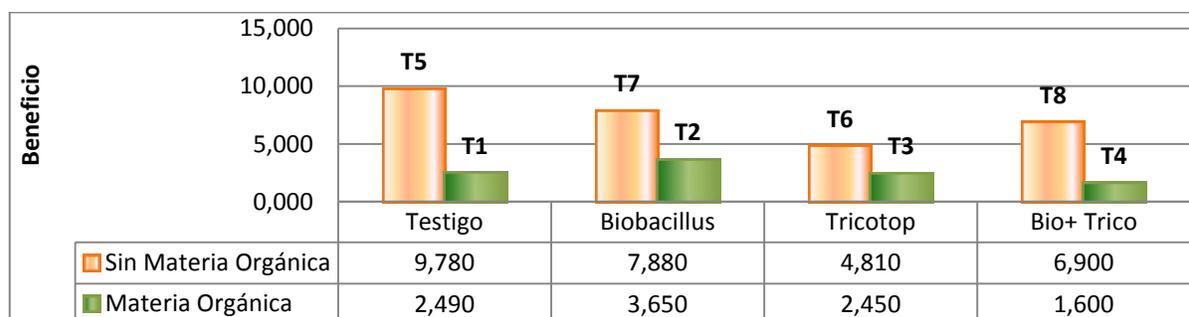


Figura 21. Ganancia por cada boliviano invertido en los diferentes tratamientos

6.5.1.6 Costos que varían

Estos costos son aquellos que varían en la producción agrícola incluyen los insumos y la mano de obra requerida (Anexo 15). El cuadro 39 muestra los costos variables efectuados en el ensayo expresado en bs/Ha, en el Anexo 15 se ven además que los costos son diferentes, esto se debe al precio del abono, promotores y en consecuencia la mano de obra empleada para incorporar al suelo estos insumos, etc.

7. CONCLUSIONES

Una vez dadas las evaluaciones de campo y de acuerdo a los resultados obtenidos se llegan a las siguientes conclusiones generales que se detallan a continuación.

Los promotores utilizados favorecen la altura de la planta con valores de 69,64 cm. Frente al testigo que presentó un valor inferior de 53,35 cm. El *Biobacillus* influye positivamente en el diámetro de panoja con un valor superior de 27,853 mm frente al testigo con un valor de 23,6 mm.

La incorporación de estiércol no influye estadísticamente en la altura de la planta, diámetro de panoja, peso hectolítrico.

Biobacillus en combinación con Tricotop y con abonamiento presentaron mayor rendimiento, con un promedio de 1923,33 kg/Ha en cambio el testigo presentó un promedio de 940 kg/Ha. Lo mismo sucede con la longitud de panoja que presentó un valor de 32,33 cm en cambio el testigo presentó un promedio inferior de 24,08 cm.

El porcentaje de grano grande cuando se emplea *Biobacillus*+Tricotop sin abonamiento presenta un porcentaje promedio de peso de 45 % frente al testigo que presenta un promedio de 17,15 %.

La incorporación de estiércol si influyó estadísticamente en el rendimiento, longitud de panoja, % de grano grande, índice de cosecha ya que presentaron promedios superiores frente a la ausencia de este abono.

El índice de cosecha fue mayor sin el empleo de promotores con un promedio de 0,52 en cambio este valor fue de 0,38 con el empleo de *Biobacillus*.

Los tipos de promotores y la combinación de Tricotop+*Biobacillus* presentaron resultados favorables en la longitud, volumen y peso de la raíz con valores superiores al testigo.

Sin considerar el uso de promotores, la incorporación de estiércol presentó en 100g de suelo mayor promedio en número de colémbolos frente al testigo.

Los tipos de promotores utilizados no influyeron estadísticamente en la población de colémbolos ni en la población de ácaros.

La incorporación de estiércol no influyo estadísticamente en la población de ácaros, pero si en la población de colémbolos.

El testigo, el Biobacillus y Biobacillus+Tricotop sin abonamiento son más rentables económicamente, por cada boliviano invertido, se tiene una ganancia de 9,78; 7,88; 6,90 Bs respectivamente debido a que no hubo un gasto de inversión en estiércol.

8. RECOMENDACIONES

Aplicar estiércol de ovino previamente descompuesto, o incorporar otros tipos de abonos para observar la complementariedad con los diferentes promotores implementados.

Realizar análisis químico previo del abono para diferenciar el aporte y efecto de este y de los promotores aplicados.

Realizar estudios con la aplicación de diferentes dosis de Tricotop + Biobacillus en otras variedades de quinua para comparar los resultados con el presente estudio.

Determinar en otros estudios con promotores las unidades formadoras de colonias (UFC) en el suelo.

Realizar análisis de la actividad enzimática por ser un indicador de la calidad del suelo y de la actividad microbiana del suelo.

Incentivar a los agricultores para establecer una producción sostenible en el cultivo de la quinua, para no afectar los rendimientos, la estabilidad estructural del suelo, la población microbiana que contribuye al equilibrio del suelo.

9 BIBLIOGRAFIA

- Agrios, N G 1996 Fitopatología. Segunda Edición. Editorial Limusa 838p.
- Agrios, 1997 Patología de las plantas 4º Ed. Academia Press. San Diego 635p.
- Aguilar, L A L 1998 Caracterización microbiológica y fisicoquímica de suelos de islas de fertilidad de mezquite en un ecosistema semiárido. Tesis de licenciatura. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato. Irapuato México
- Atlas, R M y Bartha, R *et al* 2002 Ecología Microbiana y Microbiología ambiental Pearson Educación SA Madrid 236 p.
- AVSF 2009 “Quinoa y Territorio” La Paz Plural
- Ávila *et al*, 1991 Ávila C; Sanabria J; Buritica P 1991 Biocontrol de rhizoctonia Solani en papa Publicaciones Científicas ICA (Colombia) vol. (29) 107 a 119.
- Ayala, C 1977 Efecto de localidades en el contenido de proteínas en quinua (*Chenopodium quínoa* Willd) Tesis Ing. Agro. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú, 97 p.
- Barea, J M 200 Rhizosphere and mycorrhiza of field crops In: biological resource management: connecting science and policy (OECD) J P Touhat. E Balazs. E Galante, J M Lynch J S Schepers, Werner y P A Weery (eds): INRA, Editions and Spinger pp 110-125.
- Bashan, Y 1998 Inoculants of plant growth-promoting for use in agriculture. Biotech Adv. 16: 729-770.
- Benizri, E; Baudoin. E y Guckert, A. 2001. Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria. Biocontrol Science and Technology. 11:557-574.
- Backman, P.; Brannen, P. and Mahaffe, W. 1994. Plant response and disease control following seed inoculation with *Bacillus Subtilis*. In: Improving plant productivity with Rhizosphere bacteria.
- Breccia, J D; Torto N; Gorton L; Siñerez F. Y Hatti Kaul R 1998 Specificity and mode of action of a thermostable xylanase from *Bacillus amyloliquefaciens*. App. Biochem and Biotechnology 69:31-37.

- Brown, M E 1974 Seed and root bacterization Annu Rev. Rev Phytopathology. (12): 181-197.
- Bochow H; El Sayed S; Junge H and Schmiedeknecht G 2001 Use of *Bacillus Subtilis* as biocontrol agent. IV Saltsres tolerance induction by *Bacillus subtilis* FZB24 seed treatment in tropical vegetable field crops and its mode of action J. of plant Diseases and Protection 108:21-30.
- Bowen, G y Robira A 1999. The rizosphere and its management to improve plant grown Advance in Agronomy Vol 66 pp.1-102.
- Bonifacio, A 2007 Producción de Semilla de Quinoa Fundación PROINPA.
- Calzada, A 1982 Métodos estadísticos para la investigación. Universidad Nacional Agraria. La Molina Perú.
- Calzada, J 1951 Variedades de quinua recomendadas para los sembríos de la sierra Boletín N° 30 Ministerio de Agricultura. Lima Perú.
- Cárdenas, Gary 1999. Selección de cultivares de quinua (*Chenopodium quínoa* Willd) por su resistencia a la sequía. Tesis Ing. Agro. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela profesional y Académica de Agronomía. Arequipa. Perú. 95 pº.
- Collados, C. 2006 Impacto de inoculantes basados en Azospirillum modificado geneticamente sobre la diversidad y actividad de los hongos de la micorriza arbuscular en rizosfera de trigo y maíz. Tesis de doctorado. Facultad de microbiología Universidad de Granada España. Pp. 6-20.
- Dashti, N; Zhan. F; Hynes R and Smith D L 1997. Application of plant growth promoting rhizobacteria to soybean (*Glycine max*) increases protein and dry matter yield under short- season conditions. Plant Soil 188: 33-41.
- Decaëns, T; Lavelle P; Jimenez. J J; Escobar G & Rippstein, G 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia Eur. J Soil Biol. 30:157
- Dobbelaere S; Vanderleiden J y Okon Y. 2003 Plant growth- promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical reviews in plants Sciences 22(2) 107-149.

- Donoso *et al*, (2008 Donoso E; Lobosa G Y Rojas N 2008 Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero (en línea) Consultado: 26 de febrero de 2011. Disponible en: <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v29n1/art06.pdf>
- Duran Ramírez Felipe *et, al* 2006 “Manual de cultivos orgánicos y aleopatía” D’vinni Ltda. pp 85 Colombia.
- EC-ORGANICS 2011 Fito protector (en línea) Consultado: 10/03/2011 Disponible en: <Http://ec-organics.com/fitoprotector.aspx>
- Espíndola, 1986 Respuestas fisiológicas morfológicas y agronómicas de la quinua al déficit hídrico Tesis de maestría Colegio Post graduado Chapingo México 99 p.
- Espindola, G 1994 Mejoramiento del cultivo de quinua. Memoria del seminario sobre investigación producción y comercialización de la quinua La Paz Bolivia Editorial y Perc.
- FAO 1995 Manejo de suelos y nutrición vegetal en sistemas de cultivo Edición Serena Documento de campo No 16 Cochabamba Bolivia 105 p.
- FAO 2011 Buenas prácticas tecnológicas (en línea) Consultado: 1/02/2011. Dispon. en: http://www.fao-sict.un.hn/practicass/002_produccion_Trichoderma.htm
- Fernández-Larrea O. 2001 Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. Manejo integrado de Plagas (Costa Rica) N°62p. 96-100
- Frere, M. Rea y J Q Rijks. 1975. Estudio Agro climatológico de la Zona Andina (Informe Técnico). Proyecto Interinstitucional FAO/UNESCO/OMN. Roma. Italia.pp:29-51.
- Frioni, I 1999 Procesos microbianos Tomo II Ed. De la Fundación de la U.N. Rio Cuarto Córdoba 286.
- Foster, A 2001 Analysis of the role of bacterial endospore cortex structure in resistance properties and demonstration of its conservation amongst species.

Department of Molecular Biology and Biotechnology University of Sheffield. Uk.
91(2):364-72.

- Fuentes, J 2002 Manual práctico sobre utilización de suelo y Fertilizante. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid. España. Ediciones Mundi Prensa.
- Fuentes, J 1999 Manual práctico sobre utilización de suelo y Fertilizante. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid. España. Ediciones Mundi Prensa.
- Fundación PROINPA 2009 Bioinsumos para una agricultura sostenible-productos para producción orgánica ecológica convencional.
- Gonzales y Fragoso 2002. *Bacillus subtilis* Disponible en: [http:// www2.Cbm.uam.es/microali/pdfs/Bsubtilis pdf](http://www2.Cbm.uam.es/microali/pdfs/Bsubtilis.pdf).
- Glick, H Can J Microbiology 41. 109 (1998).
- Hall, R F y J J Menn. Biopesticides: Use and Delivery (Humana Press Totowa New Jersey. 1999).
- Hassink J; Chenu C; Dalenberg J W; Bloem J & Bouwman L A 1994. Interactions between soil biota soil organic matter and soil structure 15th World Congress of Soil Science. Vol. 4a: Commission III: Symposia Acapulco. México. p. 57
- Hendrix, P F; Crossley D A; Blair J M & Coleman D C 1990, Soil biota as components of sustainable agro ecosystems Soil and Water Conservation Society Ankeny Iowa, p 637.
- Holt, J; Krieg N; Sneath P; Staley J 2000 Bergey`s Manual of Determinative Bacteriology Novena edition, Edited by Williams Wikins Baltimore Maryland USA 787p.
- Huhta, V; Haimi J & Setälä H 1994 Soil fauna promote nutrient cycling-experimental evidence using simulated coniferous forest floor 15th World

Congress of Soil Science Vol 4a: Commission III: Symposia. Acapulco México p. 76

- IBNORCA 2006 Norma boliviana NB 312029, Cereales. Quinoa en grano. Determinación de proteínas totales según el método Kjeldahl La Paz Bolivia.
- Jacoud, C; Job D; Wadoux P. and Bally R. 1999 Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. *Can J Microbiol.* 45:339-342
- Jiménez, D R; Virgen C G; Tabares F S. Y Olalde P.V. 2001. Bacterias promotoras de crecimiento de plantas: agro- biotecnología. Avance y perspectiva vol. 20.395-400.
- Junta del acuerdo de Cartagena. 1990. I Foro Internacional para el fomento de Cultivos y crianzas Andinos. Situación. perspectivas y bases para un programa de promoción de cultivos y crianzas Andinos. Cusco. 12-15 de noviembre. Cusco. Perú. pp:A79-A86
- Kennedy, I; Choudhury. A. and Kecskes. M. 2004. Non- symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? *Soil Biology and Biochemistry* 36:1229-1244.
- Kleifeld, O and Chet, I 1992 *Trichoderma harzianum*-interaction with plants and effect on growth response. *Plant and Soil* 144:267-272.
- Kloepper, J.W. *TIBTECH* 7. 39 (1989).
- Knaebel, DB 2007 Surface soil microbial sampling method, In: Hurts CJ, Crawford RL. Garland JL. Lipson DA. Mills AL. Stetzenbach LD (eds) *Manual of environmental microbiology*. 3rd edn. ASM Press. Washington.D.C. pp597-607
- Kolmans, E & Vásquez. D. 1996. *Manual de agricultura ecológica*, MAELA-SIMAS. Nicaragua. 222 p.

- Lebuhn, M; Heilmann. B: and Hartmann. A. 1994. Effects of drying rewetting stress on microbial auxin production and L-tryptophan catabolism in soils. *Biol. Fertil. Soils*. 18: 302-310.
- León Hanco J. M. 2003 Cultivo de la Quinoa Descripción Manejo y Producción. Ciencias Agrarias Puno Perú.
- Li Q; LEE, A H. and WOLLUM. A. 2004. Microbial biomass and bacteria functional diversity in forest soil: effects of organic matter removal compaction and vegetation control. *Soil Biology and Biochemistry* 36; 571-579.
- Lisboa 2003 Efectividad de *Bacillus subtilis* y de una cepa nativa de *Trichoderma harzianum* sobre la incidencia y severidad de pudrición gris en *Vitis vinífera*. (Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo) Universidad de Talca (Facultad de ciencias Agrarias Escuela de Agronomía) Talca Chile pp. 20-26.
- Lynch, J M 1990 Introduction: Some consequences of microbial rhizosphere competence for plant and soil In: Lynch JM. (ed.) *The rhizosphere* pp. 1-10. Wiley-Interscience Publication.
- Madigan y Martinko 2005. *Biología de los microorganismos*. 11 th ed. Prentice Hall.
- Mamani, R. 2007 Participación de Biomasa y evapotranspiración del cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa Wild*) sometidos a estrés hídrico en diferentes etapas de crecimiento. Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz – Bolivia UMSA Fac. de Agronomía. 124p.
- Mari, M; Guizzardi M; Brunelli M and Folchi A. 1996 Postharvest biological control of grey oild (*Botrytis cinerea pers*) on fresh-market tomatoes with *Bacillus amyloliquefaciens*. *Crop Protection* 15 (8):699-705.
- Martínez 2007 Estandarización del proceso productivo de *Trichoderma* mediante fermentación bifásica a escala piloto. Tesis de grado (en línea) Consultado: 16/03/2011. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis23.pdf>
- Michel, A A 2001 Cepas Nativas de *Trichoderma* spp (Euascomycetes: Hypocreales) su antibiosis y Micoparasitismo sobre *Fusarium subglutinans* y *F.*

Oxisporum (Hyphomycetes: Hyphales). Universidad de Colima. Área Biotecnología. 140 pg. (en línea). Consultado: 5 de diciembre del 2010. Disponible en: <http://www.buscagro.com/www.buscagro.com/biblioteca/Jorge-Asero/Control-de-oidio-en-rosas.pdf>

- Mújica, A Jacobsen S Izquierdo J Marathee J 2004 Quinoa (*Chenopodium quínoa* Willd.) Puno –Perú. 7 – 17 p.
- Nakamura, L; Roberts M; Cohan F 1999. Relationship of *Bacillus Subtilis* clades associated with strains 168 and W23.
- Nakano y Zuber 1998. Anaerobic growth of a “strict aerobe” (*Bacillus subtilis*) *Annul Rev Microbial* 52: 165-90.
- Nogales, B 2005 Microbiología del suelo en la era de la biología molecular. Descubriendo la punta del iceberg. *Ecosistemas* Vol. 2pp 1-10.
- Nunan, N; WUK; YOUNG I; CRAWFORD J and RITZ. K 2003 Spatial distribution of bacterial communities and their relationship with the microstructure of soil. *FEMS Microbiology Ecology* Vol 44. 203-215
- Noriega, VM 2011 Manejo y Fertilidad de Suelos Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú –Puno p27.
- Ollado, P V Departamento de Biotecnología y Bioquímica de la Unidad Irapuato del Cinvestav 2001.
- Olembo, R 1991 Importance of microorganisms and invertebrates as components of biodiversity. pp. 7-15. In:
- Omay, S H; Schmidt. W.A. and Martin P.1993. Indoleacetic acid production by the rhizosphere bacterium *Azospirillum brasilense* Cd. Under in vitro conditions. *Can J. Microbial* 39: 187-192.
- Peña Cabriales, J J Departamento de Biotecnología y Bioquímica de la Unidad Irapuato del Cinvestav: jpeña@ira.cinvestav.mx

- Perrin R. 1988 La formulación de Recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual de metodología de Evaluación agronómica. Centro Internacional de mejoramiento de Maíz y trigo CIMMYT 3ed. México D.F 90p.
- Pieterse y Vanloon. 1999. Salicylic acid- independent plant defense pathways. Trends in Plant Science 22:291-296.
- Prescott, T Harley J. y Klein D 2004. Microbiología Quinta Edición Mcgrat-Hill- Interamericana de España 1240p.
- Priest, F1993 Systematics and ecology of Bacillus. In; Sonenshein AL. Hoch JA Losick R (eds) *Bacillus subtilis* and other gram-positive bacteria. Biochemistry. Physiology and molecular genetics. ASM. Washington. pp. 3-16.
- Prosser J 2002. Molecular an functional diversity in soil micro-organism. Plant and Soil 244: 9-17.
- Quispe, N 1999 Estudio Comparativo de Variedades de Avena (*Avena sativa*). cebada (*Hordeun vulgare*) y triticum (*Triticun aestivum*). Tesis de Grado Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz. Bolivia. pp. 15-16.
- Rodríguez 1991 Fisiología vegetal. Ed. Los amigos del libro Cochabamba - Bolivia 343 – 361 p.
- RYTTER Joann L; LUKESIC F L; CRAING R and MOORMAN G W 1989.Control biológico de la Roya del geranio por *Bacillus subtilis* Fitopatología. volumen 79 No. 3. p. 367-369.
- Rodríguez, D; Urrego L; Martínez P y Bernal J 2003. Evaluación preliminar de dos matrices para la inmovilización de bacterias diazotroficas y solubilizadoras de fosforo aislado de bosque alto andino cundinamarques (Tesis de microbiología Industrial) Pontificia Universidad Javeriana pp. 28.
- Schlegel 1997 Microbiología general Ediciones Omegas. S.A. Barcelona 654 p.
- SICA (Servicio de Información Agropecuaria) 2001 Producción orgánica de Quinoa. Ministerio de Agricultura. Ganadería. Acuicultura y Pesca del Ecuador

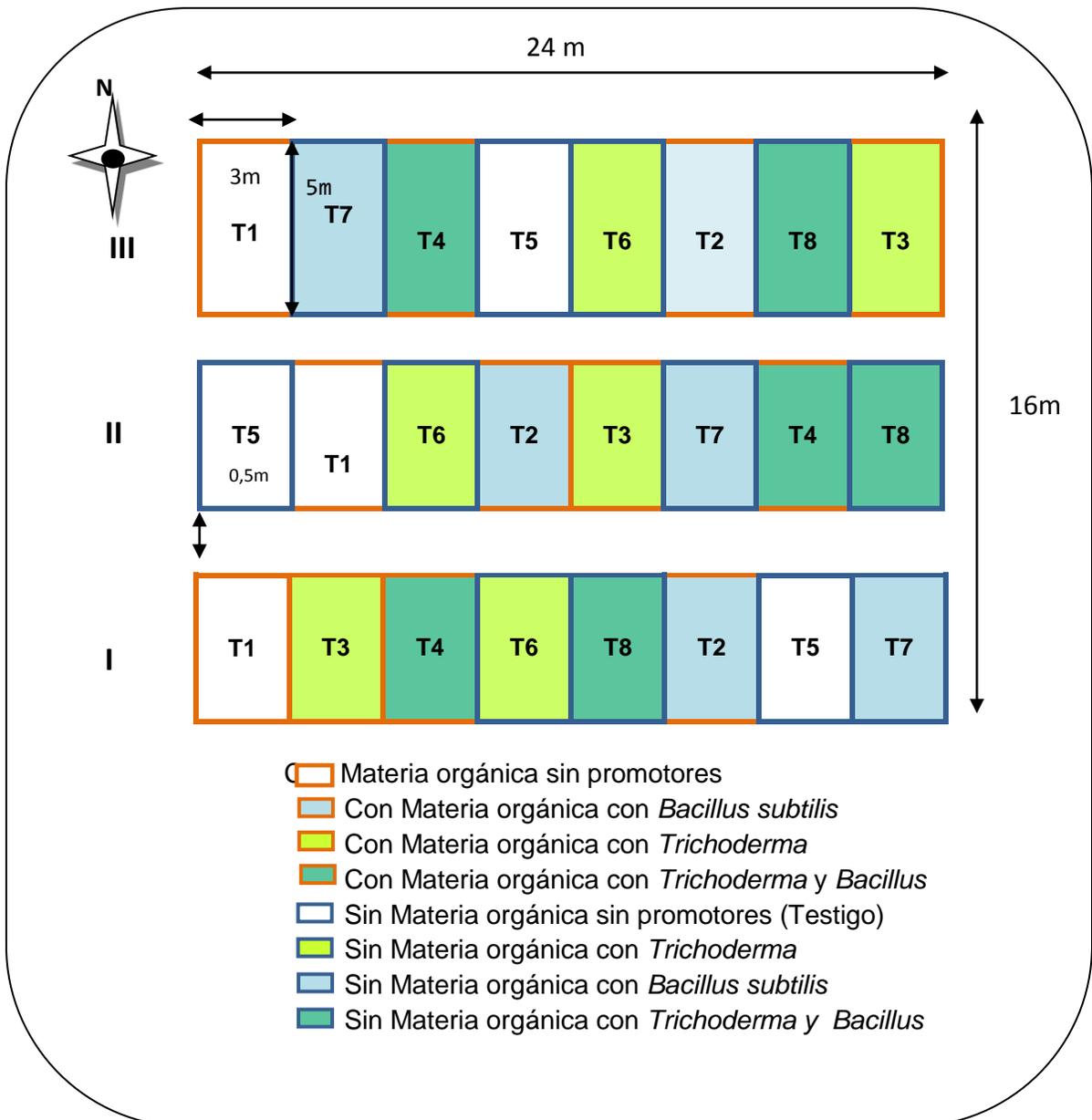
- Singleton, 2004 Bacteria en biología. biotecnología y medicina. Editorial Acribia Zaragoza (España). pp. 265-273.
- Sobero y Rojo M P; Gasoni L y Cozzi J 2000 Growth-Promotion in Strawberry Plants. Abstracts 5th International PGPR Workshop 126. Cordova. Argentina.
- Stork, M E & Eggleton. P. 1992 Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. American Journal of Alternative Agriculture.
- Suquilanda, M 1996 Agricultura Orgánica Quinoa. Manual para la producción orgánica. 35 pp.
- Tate III. R.L. 1995. Soil microbiology John Wiley & Sons New York. USA.
- Tabares, S Franco 2001 El grupo LAPIS A Dirección electrónica: volalde@ira.cinvestav.mx 396
- Varaschiri, C; Astiz Gasso M y Properi A 2000 Growth-Promotion with *Trichoderma spp.* Formulations in four Crops During Early Stages, Abstracts 5th International PGPR Workshop. 137. Cordova. Argentina.
- Vásquez, V 1982. principios básicos del riego. Universidad Nacional Agraria. "La Molina" Lima Perú pp.170
- Vargas, Elizabeth 2008. La degradación de los suelos en Bolivia y la necesidad de una ley <http://cipca.org.bo/index.php?>
- Weller, M; Rajinmakers. J. M; Mcspadden. Band Thomashow. L. 2002. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. Annual Review of Phytopathology. 40:309-348.
- Yang, C H. and Crowley D E. 2000 Rhizosphere microbial community structure in relation to root location and plant iron nutritional status. Applied and Environmental Microbiology. Jan 2000. P 345-351. Vol. 66. Nº 1.

10 . ANEXOS

Anexo 1. Croquis del experimento

Dimensiones del área experimental

Área total	384 m ²	Largo de unidad experimental	5 m
Área de bloque	120 m ²	Ancho de Pasillos	0,5 m
Área de unidad experimental	15 m ²	Distancia entre surcos	0,5 m
Ancho de unidad experimental	3 m		



Anexo 2. Bioinsumos utilizados



Anexo 3. Siembra a chorro continuo



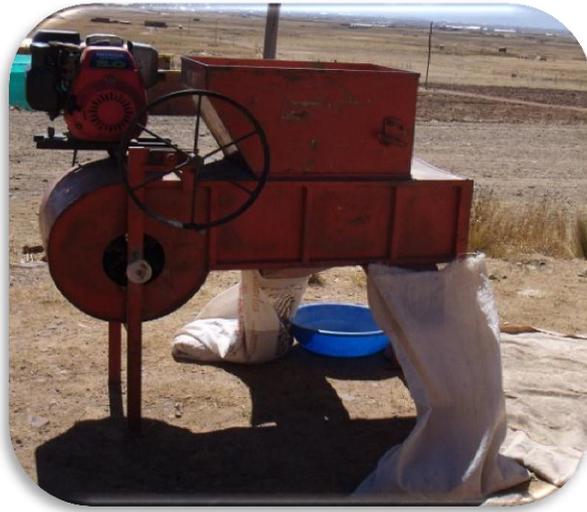
Anexo 4. Labores Culturales



Anexo 5. Insectos plaga



Anexo 6. Trilla y venteado



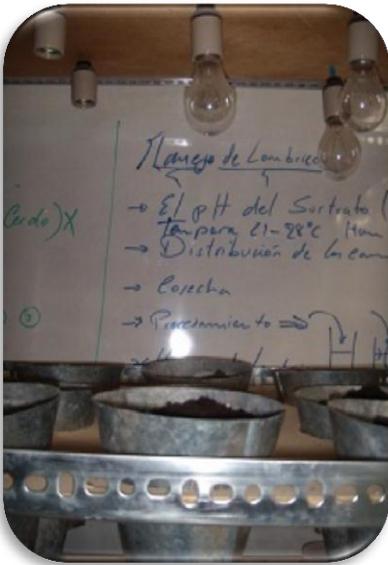
Anexo 7. Peso y volumen de raíz



Anexo 8. Determinación del número de ácaros y colémbolos



Anexo 9.



Extractor con muestras de suelo



Observación de la micro fauna

Anexo 10. Observación del diámetro de panoja



Anexo 11. Análisis físico de suelos

Anexo 12. Análisis químico de suelos

Anexo 13. Longitud de raíz de los tratamientos



Anexo 14. Parámetros de las propiedades físicas y químicas del suelo

TEXTURA	Dap (g/ml)	POROSIDAD (%)
Arenoso	1,7-1,9	32-42
Franco arenoso	1,5-1,7	40-43
Franco	1,5	43-47
Franco arcilloso	1,3-1,5	47-51
Arcilloso	1,1-1,3	51-60
Materia orgánica	0,8-0,9	≥60

Fuente: Chilon E.

Materia orgánica	
Bajo	≤2%
Medio	2-4%
Alto	≥4%

Anexo 15. Costos de producción para el cultivo de la quinua

Detalle	Tratamientos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Semilla (bs/ha)	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100,0	100,0	100,0
Apertura de surcos (bs/ha)	200,0	200,0	200,0	200,0	200	200,0	200,0	200,0
Promotor(bs/ha)	0,0	200,0	1100	1200	0,0	1000	200,0	1200
Mano de obra para aplicar Promotor(bs/ha)	0,0	25,0	25,0	25,0	0,0	25,0	25,0	25,0
Abono(bs/ha)	1400	1400	1400	1400	0,0	0,0	0,0	0,0
Mano de obra para incorporar abono(bs/ha)	30	30	30	30	0,0	0,0	0,0	0,0
Siembra(bs/ha)	40	40	40	40	40	40	40	40
Deshierbe(bs/ha)	40	40	40	40	40	40	40	40
Fungicida	120	120	120	120	120	120	120	120
Aplicación del fungicida	40	40	40	40	40	40	40	40
Cosecha(bs/ha)	70	70	70	70	70	70	70	70
Trillado y venteado	70	70	70	70	70	70	70	70
Total Costos variables(bs/ha)	2110	2335	3235	3335	680	1705	905	1905
Costos variables(\$us/ha)	305,4	337,9	468,2	482,6	98,4	246,7	130,9	275,7

Tipo de cambio 1\$us=6,91Bs

