

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE BIOINSUMOS AGRÍCOLAS EN EL CULTIVO DE PAPA
(*Solanum tuberosum*) Y EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN LA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE QUIPAQUIPANI,
PROVINCIA INGAVI - LA PAZ**

Marcelo Quispe Carbajal

La Paz – Bolivia

2013

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE BIOINSUMOS AGRÍCOLAS EN EL CULTIVO DE PAPA
(*Solanum tuberosum*) Y EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN LA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE QUIPAQUIPANI,
PROVINCIA INGAVI - LA PAZ**

*Tesis de grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

MARCELO QUISPE CARBAJAL

Asesores:

Ing. Ph.D. Javier Aguilera Alcón

Ing. M.Sc. Roberto Miranda Casas

Ing. Raúl Esprella Elias

Revisores

Ing. Ph.D. Alejandro Bonifacio Flores.....

Ing. Ph.D. Vladimir Orsag Céspedes

Aprobado

Presidente tribunal revisor





DEDICATORIA

A mis queridos papás Alberto y Lourdes por los esfuerzos y sacrificios para brindarme una profesión que es la mejor herencia que pudieron darme y por su apoyo incondicional en mi desarrollo personal y profesional.

A mis hermanos Svetlana, Octavio y Alberto por su confianza, comprensión y cariño que siempre me han demostrado.

Siempre están en mi corazón.



AGRADECIMIENTOS

Al ser supremo de todo el universo, al que me dio todo en la vida, a Dios, quien estuvo a mi lado y nunca se olvidó de mí.

Mi eterna gratitud a mi familia que me acompañó y ayudó en todo momento.

A la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos), por haberme dado la oportunidad de llevar adelante este trabajo de investigación.

A la Universidad Mayor de San Andrés a través de la Facultad de Agronomía, por haberme acogido y formado en sus aulas.

A mi asesor: Ing. Ph. D. Javier Aguilera Alcón, por haber confiado en mí para la realización de este trabajo, por el apoyo brindado, orientación, por todas las correcciones, realizadas para el desarrollo y culminación de este trabajo.

Agradecer a mis asesores Ing. M.Sc. Roberto Miranda Casas e Ing. Raúl Esprella Elías quienes colaboraron desinteresadamente con mi trabajo y fueron un apoyo incondicional.

Un especial agradecimiento a los Miembros del tribunal revisor, Ing. Ph D. Alejandro Bonifacio Flores e Ing. Ph. D. Vladimir Orsag Céspedes, gracias por sus observaciones y sugerencias al presente trabajo.

A los Ingenieros de la Fundación PROINPA: Ing. M. Sc. Noel Ortuño, Ing. Samuel Villca e Ing. Marlene Angulo por su colaboración desinteresada hacia mi persona.

A mis amigos (Ing. Alicia Mamani, Ing. Juan Carlos Quispe e Isaac Carlos Ticona) y personas que directa e indirectamente colaboraron en la realización del presente trabajo.

Muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDOS	I
INDICE DE CUADROS	V
INDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE ANEXOS	IX

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	2
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General.	4
2.2 Objetivos Específicos.	4
2.3 Hipótesis.	4
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 El cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	5
3.1.1 Habilidad y distribución geográfica.	5
3.1.2 Importancia del cultivo.	5
3.1.3 Variedad Waych`a.	6
3.1.4 Taxonomía.....	6
3.1.5 Morfología.....	6
3.1.6 Fases Fenológicas del Cultivo.	8
3.1.7 Requerimientos climáticos.	9
3.1.8 Rendimiento.	9
3.2 Principales plagas en el cultivo de papa.....	9
3.2.1 Daños de las plagas en el cultivo de la papa.	10
3.2.2 Gorgojo de los Andes.	10
3.2.3 Polilla de la Papa.	11
3.2.4 Pulguilla saltona.....	13
3.3 Propiedades Físicas del Suelo.....	14
3.3.1 Densidad Aparente.	14

3.3.2 Humedad.	15
3.3.3 Porosidad.	15
3.4 Propiedades Químicas.	16
3.4.1 Nitrógeno (N).	16
3.4.2 Fósforo (P).	16
3.4.3 Potasio (K).	17
3.4.4 Capacidad de Intercambio Cationico (CIC).	18
3.4.5 pH.	18
3.5 Propiedades Microbiológicas.	18
3.5.1 Bacterias.	19
3.5.2 Hongos	20
3.6 Fertilización Orgánica.	21
3.6.1 Fertilización foliar.	21
3.6.2 Estiércol.	22
3.6.3 Bacillus subtilis.	23
3.6.4 Trichoderma spp.,	24
3.7 Bioinsumos Agrícolas.	25
3.7.1 Inicio de la formulación de bioinsumos.	26
3.7.2 Biofertilizantes.	27
3.7.3 Ventajas del uso de los biofertilizantes con estiércoles o compost.	27
3.7.3 Bioplaguicidas.	29
4. MATERIALES Y MÉTODOS.	32
4.1 Ubicación.	32
4.1.1 Características Climáticas.	32
4.1.2 Suelo.	33
4.1.3 Vegetación.	33
4.2 Materiales.	33
4.2.1 Material Vegetal.	33
4.2.2 Insumos.	33
4.2.3 Bioinsumos	34

4.2.4 Material de Campo.	35
4.2.5 Material de Laboratorio.	35
4.2.6 Material de Gabinete.....	35
4.3 Métodos.	36
4.3.1 Diseño Experimental.....	36
4.3.2 Características del Campo Experimental, (Anexo 1).....	36
4.3.3 Trabajo de Campo.	37
4.3.3.1 Toma de muestras del suelo para la evaluación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas	38
4.4 Variables de Respuesta.	40
4.4.1 Variables Agronómicas.	40
4.4.2 Variables Fitosanitarias.....	41
4.4.3 Variables edáficas.	42
4.4.3.1 Análisis Físico del Suelo.....	42
4.4.3.2 Análisis Químico.....	44
4.4.3.3 Análisis Microbiológico.	45
4.4.4 Análisis Económico.....	46
5. RESULTADOS Y DISCUSION	48
5.1 Descripción de las condiciones climáticas.....	48
5.1.1 Precipitación.	48
5.1.2 Temperatura.	49
5.2 Evaluación del efecto de los bioinsumos sobre las variables agronómicas	50
5.2.1 Porcentaje de Emergencia.....	50
5.2.2 Altura de Planta.	51
5.2.3 Días a la Floración.....	54
5.2.4 Longitud de Raíz.....	55
5.2.5 Rendimiento	56
5.3 Efecto de los bioinsumos sobre la incidencia y severidad de plagas comunes.	más 58
5.3.1 Incidencia de Gorgojo de los Andes en tubérculos	58

5.3.2 Severidad de Gorgojo de los Andes en tubérculos	59
5.3.3 Incidencia de la Polilla de la papa en tubérculos	61
5.3.4 Severidad de la Polilla de la papa en tubérculos	63
5.3.5 Incidencia de la Pulguilla saltona en tubérculos	65
5.3.6 Severidad de la Pulguilla saltona en tubérculos	67
5.4 Evaluación del efecto de los bioinsumos agrícolas sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.	68
5.4.1 Propiedades Físicas.	68
5.4.2 Propiedades Químicas.....	76
5.4.3 Propiedades Microbiológicas (Microorganismos del Suelo)	81
5.5 Análisis económico.....	84
6. CONCLUSIONES	87
7. RECOMENDACIONES	89
8. BIBLIOGRAFIA	90

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estrategia de aplicación de bioinsumos.	38
Cuadro 2. Valores promedios de los elementos químicos del suelo, evaluados durante el desarrollo del cultivo de papa.	76
Cuadro 3. Presupuesto Parcial.	84
Cuadro 4. Análisis de Dominancia.....	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	
Ubicación de la Estación Experimental de Quipaquipani.....	32
Figura 2.	
Precipitación mensual registrada durante el desarrollo del cultivo, campaña agrícola (2010-2011) y la registrada durante (1980-2009). Estación Experimental de Quipaquipani. Municipio de Viacha, La Paz.	48
Figura 3.	
Temperatura máxima, promedio y mínima durante la campaña agrícola (2010-2011) y la registrada durante (1980-2009). Estación Experimental de Quipaquipani. Municipio de Viacha, La Paz.	49
Figura 4.	
Porcentaje de emergencia del cultivo de papa a los 55 (dds) por efecto de los bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.	50
Figura 5.	
Comparación de medias para altura de planta por efecto de las fechas de medición (11, 31, 51 y 71 dde).	52
Figura 6.	
Evolución de Altura de planta durante el desarrollo del cultivo de papa. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.....	52
Figura 7.	
Días a la floración evaluado a los 35 (dde). Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.	54
Figura 8.	
Efecto de los bioinsumos agrícolas en la longitud de raíces del cultivo de papa, evaluado a la floración. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.....	55
Figura 9.	
Rendimiento del cultivo de papa por efecto de la aplicación de Bioinsumos Agrícolas. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.	56
Figura 10.	
Incidencia de Gorgojo de los Andes en tubérculos de papa por efecto de los bioinsumos agrícolas. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.....	58

Figura 11.

Severidad de Gorgojo de los Andes en tubérculos de papa por efecto de los bioinsumos agrícolas. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011..... 60

Figura 12.

Prueba de medias para incidencia de la polilla de la papa por efecto de los diferentes tratamientos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011..... 61

Figura 13.

Incidencia de la Polilla de la papa en tubérculos por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011. 62

Figura 14.

Prueba de medias para porcentaje de severidad de la polilla de la papa por efecto de los diferentes tratamientos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010- 2011. 64

Figura 15.

Severidad de la polilla de la papa por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011..... 64

Figura 16.

Incidencia de la Pulguilla saltona en tubérculos de papa por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011. 66

Figura 17.

Severidad de la Pulguilla saltona en tubérculos de papa por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011..... 67

Figura 18.

Prueba de medias de Duncan (5%), para la Densidad Aparente por efecto de las fechas de muestreo, Desarrollo del cultivo (inicio de floración) y Postcosecha (60 días después de la cosecha). 69

Figura 19.

Densidad Aparente durante el desarrollo del cultivo (inicio de floración) y postcosecha (60 días después de la cosecha). Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011. 69

Figura 20.

Prueba de medias para humedad gravimétrica del suelo por efecto de las fechas de muestreo (24, 44 y 64 dde). 71

Figura 21.

Prueba de medias para Humedad gravimétrica en el cultivo de papa por efecto de los diferentes tratamientos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011. 72

Figura 22.

Interacción entre las fechas de muestreo (24, 44 y 64 dde) y los tratamientos 72

Figura 23.

Comparación de medias para Porosidad por efecto de las fechas de muestreo Desarrollo del cultivo (inicio de floración) y Postcosecha (60 días después de la cosecha). 74

Figura 24.

Porcentaje de Porosidad durante el desarrollo del cultivo (inicio de floración) y postcosecha (60 días después de la cosecha) del cultivo de papa. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011..... 74

Figura 25.

Unidades Formadoras de colonias (UFC) de bacterias totales por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011..... 82

Figura 26.

Unidades Formadoras de colonias (UFC) de hongos totales por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011..... 83

Figura 27,

Curva de Beneficios Netos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011. 86

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis de la parcela experimental	102
Anexo 2. Datos climáticos de Temperatura y Precipitación. E.E. Quipaquipani	102
Anexo 3. Resumen de los cuadros de Análisis de varianza (ANVA) de las variables evaluadas en el cultivo de papa. Estación Experimental Quipaquipani.	105
Anexo 4. Parámetros para la interpretación del Análisis de suelos	108
Anexo 5 Análisis Físico Químico De Suelos.....	110
Anexo 6. Informe de Análisis microbiano de suelos	111
Anexo 7. Costos de producción por tratamiento para 1 ha (Variedad. Waych´a).....	112
Anexo 8. Registro fotográfico de las actividades realizadas en la investigación.....	113

RESUMEN

El cultivo de la papa desde el punto de vista económico y social en nuestro país es el de mayor importancia. A pesar de ser un rubro muy importante este presenta una serie de limitantes que impiden llegar a su potencial productivo. Entre estas limitantes tenemos bajos rendimientos, la gradual degradación del suelo que conlleva a la baja fertilidad, el alto costo, problemas sanitarios, factores climáticos, etc. La fundación PROINPA (Promoción e investigación de Productos Andinos) evidenció estas limitantes que afectan al desarrollo y rendimientos del cultivo de papa en el altiplano, por esta razón se realizó la investigación “Efecto de Bioinsumos Agrícolas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L) y en las propiedades del suelo en la Estación Experimental de Quipaquipani, Provincia Ingavi – La Paz”

El trabajo de investigación se realizó bajo el diseño de bloques completamente al azar con cuatro bloques y ocho tratamientos en una superficie de 864,8 m²; el material vegetal utilizado fue semilla de papa variedad Waychá (*Solanum tuberosum* L., *ssp andigenum*).

Se incorporo seis bioinsumos agrícolas (Tricobal, Fertisol, Vigortop, Acaritop, Fungitop y Bauvetop) de los cuales se obtuvieron 8 tratamientos. El tratamiento T1 fue el Testigo absoluto, al T2 se le incorporó Estiércol y a excepción de estos se aplicó Tricobal más Estiércol como base en los demás tratamientos. Los demás bioinsumos se aplicaron individualmente y de forma combinada por vía foliar en variados intervalos en días después de la siembra (dds) a partir del T4.

En el efecto de los bioinsumos agrícolas sobre las variables agronómicas, la altura de planta presentó diferencias estadísticas significativas solo para las fechas de medición (11, 31, 51 y 71 dde), alcanzando las mejores alturas en los tratamientos que se aplico biofertilizantes foliares (bioinsumos) en T8 (ETTb+AtVt+BvFs) y T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt)

Respecto a la incidencia y severidad de plagas más comunes el Bioinsecticida Acaritop de la estrategia de aplicación de bioinsumos de los tratamientos T4

(EtTb+AtVt+FtFs+FtVt) T6 (EtTb+AtVt+Fs) y T5 (EtTb+AtVt+Fs+Vt), logró disminuir significativamente la incidencia y severidad de la polilla de la papa al tubérculo.

Los resultados del efecto de los bioinsumos agrícolas sobre las propiedades físicas del suelo, registraron diferencias significativas en Densidad aparente y Porosidad solo para fechas de muestreo, evaluado al inicio de la floración y 60 días después de la cosecha. Sin embargo la Humedad gravimétrica registró diferencias altamente significativas entre tratamientos y fechas de muestreo (24, 44 y 64 dde).

Las poblaciones bacterianas incrementaron significativamente hasta el tercer muestreo (cosecha), los hongos tuvieron un ligero aumento para la segunda fecha de muestreo, encontrándose en ambos casos diferencias significativas a (30, 60 y 90 dde) al evaluar las propiedades microbiológicas del suelo.

Con relación al análisis económico lo más rentable en el cultivo de papa waych'a es con la aplicación de bioinsumos del T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt) obteniéndose así un beneficio de 1.86 Bs. por cada boliviano invertido.

SUMMARY

The potato crop is the most important crop in our country due to its economic and social standpoint, despite being a very important item that has a number of limitations that prevent them from reaching their productive potential. Among these limitations are; low yields, gradual soil degradation leading to low fertility , high cost , health problems , climatic factors , etc. . The foundation PROINPA (Promotion and Research of Andean Products) showed these constraints that affect the development and yield of the potato crop in the highlands , which is why the research was conducted "Effect of Agricultural Bio-products in growing potato (*Solanum tuberosum* L) and soil properties in Quipaquipani Experimental Station , Ingavi Province - La Paz "

The research work was performed under the design of randomized complete block with four blocks and eight treatments over an area of 864.8 m² , the plant material used was Waycha variety seed potato (*Solanum tuberosum* L. , ssp *andigenum*) .

Six agricultural bio-products (Tricobal , Fertisol , Vigortop , Acaritop , Fungitop and Bauvetop) were introduced of which 8 treatments were obtained. T1 treatment was the control, T2 manure was incorporated and also Tricobal manure was applied as a base in the other treatments. Other bio-inputs were applied individually and combined by foliar in various intervals in days after sowing (das) from T4.

The effect of agricultural bio-products on the agronomic traits plant height showed statistically significant differences only for the measurement dates (11, 31, 51 and 71 DAE), reaching the top heights in the treatments applied foliar bio-fertilizers (bioinputs) in T8 (ETTb+AtVt+BvFs) and T4(EtTb+AtVt+FtFs+FtVt).

Regarding the incidence and severity of the common pests Acaritop Bioinsecticide strategy bioinputs application of treatments T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt), T6 (EtTb+AtVt+Fs) and T5 (EtTb+AtVt+Fs+Vt), was able to reduce significantly the incidence and severity of potato moth tuber.

The results of the effect of agricultural bio-products on soil physical properties, no significant differences in apparent density and porosity only sampling dates, assessed

at the beginning of flowering and 60 days after harvest. However, the gravimetric humidity recorded highly significant differences between treatments and sampling dates (24, 44 and 64 DAE).

Bacterial populations increased significantly through the third sampling (harvest) , the fungus had a slight increase for the second sampling date , being in both cases significant differences (30 , 60 and 90 DAE) to evaluate the microbiological properties of the soil.

The most profitable economic analysis in the potato crop is the application of Waych'a bioinputs T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt), obtaining a profit of 1.86 Bs per Bolivian dollar invested.

1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum L*) es uno de los principales productos de la región Andina, es el alimento tradicional y base de la alimentación de la familia campesina. En Bolivia el consumo per cápita anual de papa es alrededor de 100 Kg, el área cultivada abarca una superficie de 125,481 hectáreas, de las cuales el 45% se halla distribuido en el Altiplano, alrededor de 18,000 familias cultivan papa, en una superficie promedio de 0.76 hectáreas, lo que significa que el 28% de los campesinos del país se hallan involucrados en el proceso productivo de este rubro (Zeballos, 1997).

A pesar de que la papa es un rubro muy importante, este presenta una serie de limitantes que impiden llegar a su potencial productivo, entre ellas tenemos: la gradual degradación de los suelos productivos que conlleva a la baja fertilidad, el alto costo y la baja disponibilidad de insumos, los factores climáticos adversos, problemas sanitarios y otros.

Para aumentar el rendimiento de los cultivos y lograr la subsistencia familiar, los agricultores utilizan una serie de insumos externos, tales como fertilizantes químicos y pesticidas, que aplicados de forma inadecuada pueden ocasionar la contaminación de los suelos y las aguas subterráneas.

Dentro del sistema de producción agrícola de muchos países, existe la tendencia de utilizar bioinsumos o biofertilizantes para mejorar el rendimiento del cultivo; sin embargo, los resultados experimentales indican que los efectos de estos insumos sobre el comportamiento del cultivo son variables e impredecibles, lo cual enfatiza la necesidad de refinamiento en la producción de los mismos, la distribución y uso de las técnicas apropiadas para su empleo (Villca, 2009).

Actualmente en Bolivia, se viene elaborando y promocionando bioinsumos agrícolas, como una alternativa de producción ecológica de diversos productos agrícolas, de relativo bajo costo, fácil de manejar, e inocuo para la salud humana y el ambiente; a pesar de que varios bioinsumos reportan aceptables y alentadores resultados, existe

aún la necesidad de realizar estudios que afinen la dosis y su frecuencia de uso de los mismos, adaptados a diferentes contextos agroclimáticos y de manejo de sistemas de producción como es el caso del Altiplano boliviano.

Por esta razón es necesario desarrollar tecnologías que apoyen a la producción ecológica, generando bioinsumos como los biofertilizantes y bioplaguicidas en base a recursos naturales bolivianos (microbiodiversidad agrícola y formas minerales), permitiendo así disminuir efectos nocivos al medio ambiente, producir alimentos sin contaminantes, bajar los costos de producción para los pequeños agricultores a través de la producción orgánica.

En el presente trabajo de investigación, se busca identificar alternativas de producción orgánica, utilizando nuevas opciones para que sustituyan el uso de productos químicos, que permitan reducir la contaminación del ambiente, controlar enfermedades y plagas logrando practicar una agricultura ecológica.

1.1 Antecedentes

La utilización de microorganismos en el control biológico de enfermedades de las plantas, constituye una alternativa eficiente y ecológica que contribuye al desarrollo de una agricultura sostenible, ya que disminuye el efecto inherente del uso de plaguicidas y productos químicos. Entre los agentes de control biológico más estudiados se encuentran los microorganismos pertenecientes al género *Dtreptomycetes*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Trichoderma* y *Bacillus* (Villca, 2009).

A través del aislamiento y caracterizaciones de microorganismos nativos, se iniciaron estudios sobre el potencial de uso en las zonas alto andinas (PROINPA, 2004). Una vez aislados, caracterizados y evaluadas las propiedades de algunos microorganismos como bacterias y hongos benéficos, se evaluaron en laboratorio el potencial que representaban y con los seleccionados se hicieron pruebas en invernadero.

Los bioinsumos son productos que se obtienen a partir de diversos productos naturales, entre ellos microorganismos, extractos naturales y otros, que en su conjunción se constituyen en biocontroladores, biofertilizantes, promotores de

crecimiento y vigorizantes. Diversos investigadores observaron resultados favorables de la aplicación de éstos productos en variados cultivos, tales como hortalizas menores, papa y otros. Rojas y Ortuño (2007), mencionan que la utilización de bioinsumos en base a micorrizas, incrementó la productividad del cultivo de cebolla y no generaron impactos negativos sobre la salud y el medio ambiente, aspecto similar fue detectado por Villca (2009) en el cultivo de maíz.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.

- Evaluar el efecto de aplicación de diferentes bioinsumos agrícolas sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) y sobre diversas propiedades del suelo en la Estación Experimental de Quipaquipani, provincia Ingavi - La Paz.

2.2 Objetivos Específicos.

- Evaluar el efecto de los bioinsumos agrícolas (Tricobal, Vigortop, Fertisol, Acaritop, Fungitop y Bauvetop) sobre el comportamiento agronómico del cultivo de papa aplicados solos, combinados, y con variados intervalos de aplicación.
- Evaluar el efecto de los bioinsumos agrícolas (Tricobal, Vigortop, Fertisol, Acaritop, Fungitop y Bauvetop) sobre la incidencia y la severidad de ataque y daño de las plagas más comunes en papa.
- Evaluar el efecto de los bioinsumos agrícolas (Tricobal, Vigortop, Fertisol, Acaritop, Fungitop y Bauvetop) sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.
- Realizar un análisis económico de los diferentes tratamientos en estudio para determinar la factibilidad de los mismos.

2.3 Hipótesis.

Ho. La aplicación de diferentes bioinsumos agrícolas no producirá efecto alguno en el comportamiento del cultivo de papa, en la incidencia y severidad del ataque de plagas más comunes ni en las propiedades del suelo.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

3.1.1 Habidad y distribución geográfica.

Solanum tuberosum subsp. *Andigena* tiene la más amplia distribución geográfica que cualquier otra especie de papa cultivada, se cultiva entre los 2500 a 4000 m.s.n.m. de la región andina de Sudamérica, desde las serranías del noroeste de Argentina, Punas y Prepunas de Bolivia, centro y sur del Perú, Jalcas del norte de Perú y los Páramos del Ecuador, Colombia y Venezuela. Su cultivo comercial se extiende también hacia las regiones de la costa central y sur del Perú a pocos metros del nivel del mar. El cultivo de esta especie, principalmente en el Perú y Bolivia, se encuentra frecuentemente mezclado con otras especies nativas cultivadas. Debido a que *S. tuberosum* subsp. *Andigena*, tuberiza sólo bajo condiciones de días cortos de 9-12 horas (Ochoa, 2001).

Gutiérrez (1999) citado por Jiménez (2003), indica que la papa es un cultivo tradicional de la región altiplánica en Bolivia, los agricultores altiplánicos la cultivan entre 2500 (en los valles) y 4000 m de altura. En esta región, la siembra se realiza entre los meses de octubre y noviembre.

3.1.2 Importancia del cultivo.

Bolivia se encuentra entre los ocho centros más importantes de biodiversidad y domesticación de plantas cultivadas en el mundo, entre estas especies se encuentra gran diversidad de granos, raíces y tubérculos andinos. De entre los tubérculos, la oca, isaño, papaliza y papa son los más extendidos a lo largo de los andes desde tiempos Prehispánicos (Cárdenas y Rea, 1998).

Actualmente la papa se constituye en uno de los más importantes productos de la economía y alimentación boliviana. Su cultivo se extiende a más de 125,000 hectáreas y una producción anual que oscila entre 700,000 y 900,000 TM entre papa consumo y semilla. Después del autoconsumo, el almacenamiento de semilla y las pérdidas en

post cosecha, los productores logran introducir al mercado nacional 450,000 TM de 25 variedades de las cuales sobresalen Waych`a (*Solanum andigenum*) y Désirée (*Solanum tuberosum*). Las variedades de mayor producción a nivel nacional son: Désirée con el 60% y Waych`a con el 29%; sin embargo, se producen a menor escala las variedades Alpha, Capiro, Imilla Blanca, Imilla Negra, Katawi, Monalisa, Musuj, Pinta Boca, Robusta, Sani Imilla y Sinchi Imilla (Revista de Agricultura, 2008).

3.1.3 Variedad Waych`a.

Esta variedad se caracteriza porque tiene un hábito de crecimiento semi-erecto, tallo de color verde con poca pigmentación, color de flor lila con rojo morado, fruto baya globosa de color verde, tubérculo redondo con temas profundas, la piel es roja con áreas amarillas alrededor de los ojos, madurez tardía de 150-180 días (Ugarte, 1992).

3.1.4 Taxonomía.

Ospina (1995), clasifica a la papa de la siguiente manera:

División	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledóneas
Orden	:	Tubiflorales
Familia	:	Solanaceae
Género	:	Solanum
Especie	:	S. tuberosum
Variedad	:	<i>Solanum tuberosum</i> L. subsp. <i>Andigena</i>

3.1.5 Morfología.

a) Tubérculo: Son tallos subterráneos modificados provistos de yemas u ojos y en cada ojo existen normalmente tres yemas (Pardave, 2004). Los ojos del tubérculo morfológicamente corresponden a los nudos de los tallos, las cejas representan a las hojas y las yemas del ojo representan a las yemas axilares.

b) Brotes: Se originan de las yemas de los tubérculos y son de color blanco o coloreados, el extremo basal del brote forma la parte subterránea del tallo, después de la siembra esta parte produce rápidamente raíces y luego estolones, el extremo apical de origen al tallo y hojas (Huaman, 1986).

c) Estolones: Son tallos laterales y crecen horizontalmente a partir de las yemas, estos se alargan con varios entrenudos y terminan en una hinchazón que es el futuro tubérculo. Sin embargo no todos llegan a formar tubérculos, un estolón no cubierto en el suelo puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal (Pardave, 2004).

d) Raíces: Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo, las plantas nacidas de semilla forman una delicada raíz principal con ramificaciones laterales (Huaman, 1986). La planta originada de un tubérculo es un clon, no tiene raíz principal, forma raíces adventicias, primero en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo, ocasionalmente de los nudos de los estolones nacen grupos de 3 a 4 raíces adventicias (Pardave, 2004).

e) Tallos: El sistema de tallos de la papa consta de tallos aéreos, estolones y tubérculos, la planta proveniente de semilla tiene un solo tallo principal, mientras que las que provienen de tubérculos puede producir varios tallos principales. Las yemas que se forman en el tallo principal a la altura de las axilas de las hojas, pueden desarrollarse para llegar a formar tallos laterales secundarios, estolones e inflorescencia (Huaman, 1986).

f) Hojas: Las hojas son alternas compuestas formadas por raquis, foliolos, pecíolo y peciolulo, cada raquis lleva varios pares de foliolos laterales primarios y un foliolo terminal, están provistas de pelos de diversos tipos que se encuentran también presentes en las demás partes aéreas de la planta (Huaman, 1986).

g) Inflorescencia-flor: está dividida generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdividen en otras ramas, de esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa. Las flores son hermafroditas, el cáliz consta de cinco sépalos que se unen parcialmente en la base, la corola tiene cinco pétalos fusionados en lavase para

formar un tubo corto, el androceo consta de cinco estambres y el gineceo tiene un solo pistilo (Huaman, 1986).

h) Fruto-Semilla: El fruto es una baya de forma redonda, alargada ovalada o cónica de color verde, este puede contener de 300 o 400 semillas. Las semillas son amarillas o castaño- amarillentas, pequeñas ovaladas o uniformes (Pardave, 2004).

3.1.6 Fases Fenológicas del Cultivo.

a) Emergencia: Ocurre generalmente a los 30 a 35 días después de la siembra, dependiendo de la humedad y temperatura del suelo (Canahua, 1991).

b) Formación de Estolones: Ocurre a los 15 a 20 días después de la emergencia (Canahua, 1991). Los primeros tubérculos en formarse son desarrollados generalmente en la parte basal de los estolones y se convierten en dominantes sobre aquellos que se forman después (Cutter, 1992).

c) Inicio de la Floración: Ocurre a los 20 a 25 días después de la emergencia, en las papas amargas la floración se inicia a los 35 a 55 días (Canahua, 1991).

d) Inicio de la Tuberización: Ocurre a los 35 a 40 días después de la emergencia (Canahua, 1991). En este estado la planta se encuentra en su máximo desarrollo vegetativo (mayor índice de área foliar) y se produce la translocación de la mayoría de los carbohidratos de la hoja a los órganos de reserva, de esta manera el crecimiento de los tubérculos presenta un carácter exponencial (Resquejo, 1999).

e) Final de la Floración: Ocurre a los 55 a 85 días después de la emergencia, esta fase se inicia cuando la última flor de la planta inicia su marchitamiento y secado (Canahua, 1991).

f) Final de Tuberización: Ocurre a los 100 a 115 días después de la emergencia, se presenta cuando el último estolón de la planta inicia su engrosamiento distal, esta fase es considerada importante ya que de esta depende la uniformidad del tamaño de los tubérculos y la precocidad de la planta (Canahua, 1991).

g) Madurez Fisiológica: Ocurre a los 135 a 140 días después de la emergencia, se caracteriza por el cambio de color de las hojas, la piel de los tubérculos se encuentra bien adherida y no se desprende a una simple fricción de los dedos (Canahua, 1991). En esta fase los tubérculos se encuentran maduros y ocurre la senescencia y abscisión de la parte aérea indicando así el inicio de la cosecha (Resquejo, 1991).

3.1.7 Requerimientos climáticos.

El clima juega un papel muy importante en la producción de papa, los extremos de altitud de cada zona determina grandes variaciones ecológicas y climáticas (Lindao, 1991).

El área adecuada para el cultivo de papa es aquella cuya temperatura media anual está entre 6 y 14°C, con una disponibilidad de lluvia alrededor de 700 a 1000 mm por año. Se ha comprobado que el desarrollo de este cultivo es apropiado cuando la precipitación fluctúan alrededor de 700 mm (Tapia, 1990).

3.1.8 Rendimiento.

El rendimiento de papa promedio es de 5,98 t/ha, poco ha variado en los últimos 40 años, tal como lo reporta el CIP, estando entre los más bajos en Latinoamérica y el mundo (Zeballos *et al.* 2009).

INE (2008), citado por Canqui y Morales (2009), menciona que el rendimiento promedio nacional para papa amarga y papa dulce es de 5.21 tn/ha.

3.2 Principales plagas en el cultivo de papa.

El Programa de Investigación de la Papa (PROINPA) mediante diagnósticos, informes anuales y planes operativos de los años agrícolas 1990-1996 realizados en las zonas paperas de los departamentos de Chuquisaca, Cochabamba, Tarija, Potosí, y La Paz, determinó que uno de los factores limitantes para la producción de papa es el ataque de plagas (Andrew y Barea 1991; Blajos y Thiele 1996).

Ruiz (1998) menciona que, el cultivo de la papa es afectado con mayor intensidad por plagas como el gorgojo de los Andes (*Premnotrypes spp.*, y *Rhigopsidius piercei.*), trips

(*Frankliniella spp.*), pulguilla de la papa (*Epitrix sp*) y las polillas de la papa, (*Symmetrischema tangolias*, y *Phthorimaea operculella*).

Esprella y Aguilera (2003), quienes indican que la producción de papa en el altiplano central de Bolivia, está fuertemente afectada por plagas como el Gorgojo de Los Andes (*Premnotrypes spp.*) y las polillas de la papa (*Symmetrischema tangolias*, *Phthorimaea operculella* y *Paraschema detectendum*).

3.2.1 Daños de las plagas en el cultivo de la papa.

Cisneros (1995) menciona que, las plagas dañan las plantas en diversas formas. Se dice que causan “daño directo” cuando destruyen sus órganos (raíces, tallos, hojas, yemas, flores, frutos o semillas) en forma parcial o total, o las debilitan reduciendo su capacidad de producción. También “daños indirectos” cuando las plagas participan en la propagación de virus, micoplasmas, bacterias y hongos que causan enfermedades en las plantas. La presencia de insectos o cicatrices de sus daños malogran la apariencia de los productos y reducen su valor comercial o cuando su ocurrencia dificulta la cosecha o selección del producto cosechado.

3.2.2 Gorgojo de los Andes.

PROINPA (1999) menciona que, uno de los problemas más graves del cultivo de la papa en la zona Andina es el complejo del gorgojo de los Andes constituido por las especies *Premnotrypes spp.* *Rhigopsidius tucumanus* y *Phyrdenus sp.*

El gorgojo *Premnotrypes spp.* es la plaga más importante de las zonas altas, particularmente del Altiplano. El principal daño que causa son galerías en los tubérculos, con pérdidas de más del 80% al momento de la cosecha. Los tubérculos dañados no son deseables para la comercialización y en su mayor parte son utilizados para la elaboración de chuño que resulta de mala calidad y bajo precio. Esta plaga se encuentra en regiones de altura por encima de los 2.500 msnm, en los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba y Chuquisaca. Se estima que 60.000 hectáreas están afectadas en todo el país, lo que representaría una pérdida de \$US 12 millones/anuales (Gandarillas y Ortuño, 2009).

Hasta hace poco, el control del gusano blanco fue a través del empleo de insecticidas, esencialmente inorgánicos, como los clorados. En muchos casos, se emplean dosis exageradas ya sea por el desconocimiento o la resistencia adquirida por el “Gusano Blanco de la papa”. Otra razón es el desconocimiento de la bio-ecología de la plaga, como también la mala labor cultural aplicada y poco conocimiento de técnicas de combate (Yavar, 1987).

Clasificación taxonómica del Gorgojo de los Andes.

Untiveros (1985), citado por Carvajal (1993), ubica la posición taxonómica del gorgojo de los Andes de la siguiente manera:

Phyllum	:	Arthropoda
Sub-phyllum	:	Mandibulata
Clase	:	Insecta
Orden	:	Coleóptera
Sub-orden	:	Polyphaga
Serie	:	Rhyncophora
Super familia	:	Curculionidae
Familia	:	Curculionidae
Sub familia	:	Leptopilrae
Tribu	:	Premnotrypini
Género	:	<i>Premnotrypes</i>
Especie	:	<i>Latithorax</i>

3.2.3 Polilla de la Papa.

Se conoce con el nombre de “Polillas de la papa”, a un complejo de especies pertenecientes a la familia Gelechiidae. El complejo de las polillas es un grupo muy característico a través de su asociación a la planta de papa, han logrado niveles muy altos de especialización. Así por ejemplo hay especies que solo atacan al follaje de la planta de papa, como es *Scrobipalpula absoluta*, hay otras que atacan solamente los tubérculos como es el caso de *Tecia solanivora* y un tercer grupo en el que la misma

especie puede atacar tanto al follaje como al tubérculo, en este grupo tenemos a las polillas *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias* (Povolny, 1986).

La polilla de la papa (*P. operculella*) es una de las plagas que más daño ocasiona al tubérculo en el periodo de almacenamiento. Las pérdidas en los valles después de 6 meses de almacenamiento (temperaturas superiores a 15 °C), pueden alcanzar un 50% de la cosecha y en casos extremos hasta el 100%. Para un pequeño productor, estos niveles representan una pérdida aproximada entre 200 a 300 \$US en una campaña agrícola (Gandarillas y Ortuño, 2009).

Clasificación taxonómica de la polilla de la papa.

Calderón (2002), clasifica a la polilla de la papa de la siguiente manera:

Phylum	:	Arthropoda
Subphylum	:	Mandibulata
Clase	:	Insecta
Orden	:	Lepidoptera
Sub-orden	:	Frenatae
Division	:	Heteroneura
Familia	:	Gelechiidae
Tribu	:	Gnorimoschemini
Géneros	:	<i>Phthorimaea</i> <i>Symmetrischema</i> <i>Paraschema</i>
Especies	:	<i>Phthorimaea operculella</i> <i>Symmetrischema tangolias</i> <i>Paraschema detectendum</i>
Nombre común	:	Polilla de la papa, palomilla

3.2.4 Pulguilla saltona.

La pulguilla de la papa es un pequeño escarabajo que salta con mucha facilidad sobre el follaje. Los agricultores en el país la conocen como piqui-piqui, que en quechua se refiere a la pulga y su habilidad para saltar (Gandarillas y Ortuño, 2009).

El adulto es un escarabajo oscuro de 1,5 a 2 mm de largo. Presenta el último par de patas de tipo saltador, permitiendo que el insecto escape con facilidad cuando es perturbado. Estos escarabajos se alimentan de las hojas. Las hembras ovopositan durante la noche rompiendo el tejido vegetal, después de 7 días de la eclosión de los huevos, las larvas son blancas y se alimentan de raicillas a poca profundidad en el suelo. Éstas completan su desarrollo larval en pocas semanas y empupan también en el suelo, cuyo período dura tres días. Una vez que emergen los adultos, éstos pasan a vivir en las hojas y dan de tres a cuatro generaciones por año (Canqui y Morales, 2009).

El piqui-piqui toma mucha importancia en años secos, alcanzando poblaciones altas que afectan la capacidad de fotosíntesis de la planta afectando la cosecha, y obligando a los agricultores a utilizar insecticidas. Las larvas pueden afectar severamente la calidad del tubérculo. Por otro lado, existen reportes de que *Epitrix* transmite el virus de la papa APLV. Esta plaga se reporta en todas las zonas paperas de los departamentos de La Paz, Cochabamba, Oruro, Santa Cruz, Potosí, Chuquisaca y Tarija, en altitudes entre 2.000 y 3.500 msnm (Gandarillas y Ortuño, 2009).

Clasificación taxonómica.

Coronado (1991) citado por Miranda (1997), clasifica a la pulguilla saltona en:

Orden	:	Coleóptera
Familia	:	Chysomelidae
Sub familia	:	Halticinae
Género	:	Epitrix
Especies	:	<i>E. cucumeris</i> <i>E. párvula</i> <i>E. subcrínita</i>

3.3 Propiedades Físicas del Suelo.

3.3.1 Densidad Aparente.

La Densidad Aparente del suelo es la densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su grado de compactación, principalmente. En términos prácticos, es la densidad que tiene la tierra fina del suelo, con la organización que ella posea (Jaramillo, 2002).

Miranda (2004), indica que la densidad aparente es el peso del suelo por unidad de volumen total, este volumen incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso. La densidad aparente es importante desde el punto de vista del manejo del suelo porque permite conocer sobre, la compactación del suelo, permite inferir las dificultades para la germinación, enraizamiento y circulación del aire y el agua, se halla relacionada con la textura del suelo y se utiliza para determinar el peso del suelo en el campo.

Orsag (1989), observó que la Densidad Aparente de un suelo tipificado como andisol en el altiplano central tomaba valores por encima de 1,5 g/cc. en todo el perfil, con texturas que varían desde franco a arcillosos. Al respecto (Chilon, 1997) en el altiplano boliviano encontró densidades aparentes de alrededor de 1,49 g/cm³, con una consistencia ligeramente dura.

3.3.2 Humedad.

La cantidad de agua en el suelo es una característica específica y está determinada, fundamentalmente, por la textura, contenido de materia orgánica, la composición de la fracción mineral y orgánica y el arreglo que presente el medio físico edáfico del suelo. La humedad del suelo dependerá además del aporte natural de la lluvia o artificial (riego), así como el consumo de las plantas y/o la evapotranspiración (Jaramillo, 2002).

3.3.3 Porosidad.

Jaramillo (2002) menciona que, la porosidad total del suelo es el volumen de espacio que no está ocupado por sólidos; es el volumen que hay disponible en el suelo para los líquidos y los gases.

La vida en el suelo es posible debido a que las partículas no forman una masa continua, sino que al unirse forman un espacio de huecos, comunicados entre sí, que permite la transferencia de fluidos (aire y agua), que posibilitan la actividad de los microorganismos, el crecimiento de las raíces, el intercambio y acceso a los nutrientes, etc. (Chilon, 1997).

Lamas y Moreno (2005) mencionan que, la materia orgánica reduce la densidad aparente del suelo en dos sentidos: por su composición ya que tiene menor densidad y porque favorece la agregación de las partículas, aumentando la porosidad total.

3.4 Propiedades Químicas.

3.4.1 Nitrógeno (N).

El nitrógeno es el motor del crecimiento de la planta, es absorbido del suelo bajo la forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina para formar aminoácidos y proteínas, un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante para la absorción de otros nutrientes (FAO, 2002).

El N se constituye en el elemento más importante en la formación de proteínas y en la generación de grandes áreas fotosintéticas (tallos y hojas). Dosis demasiado altas alargan el periodo vegetativo y retarda la formación de tubérculos, además contribuyen a un bajo contenido de materia seca (Pardavé, 2004).

El N es el elemento de más rápido y mayor efecto que favorece en el crecimiento vegetativo, aumenta la corpulencia de granos y el porcentaje de proteínas. Las plantas que reciben cantidad insuficiente de N quedan aturdidas en su crecimiento, poseen un sistema radicular restringido y las hojas se amarillean y caen (Buckman y Brady, 1991).

3.4.2 Fósforo (P).

El P es un macronutriente que forma parte de las nucleoproteínas, lipoides y fosfolípidos; desempeña un importante papel metabólico en la respiración y fotosíntesis (fosforilación), en el almacenamiento y transferencia de energía (NAD, NADP y ATP) y en la división y crecimiento celular. El P se acumula en partes de la planta en crecimiento y en las semillas; es determinante para el desarrollo de las raíces y de los tejidos meristemáticos (Bernal y Espinosa, 2003). El requerimiento óptimo de P para el crecimiento de las plantas varía entre 0,3- 0,5 % de la materia seca vegetal, durante la etapa vegetativa de crecimiento (Marschner, 1995).

El P promueve el crecimiento de las raíces y la rápida formación de tubérculos, por lo que es un elemento crítico en el periodo inicial de desarrollo de la planta y en la tuberización. (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Salisbury y Ross (1994) mencionan que, el P se redistribuye con facilidad en la mayor parte de las plantas, de un órgano a otro y se pierde en las hojas antiguas, acumulándose en hojas jóvenes, en flores y semillas en desarrollo, por lo cual, los síntomas de deficiencia se presentan primero en hojas maduras

El P es requerido por las plantas, especialmente para el proceso de producción de energía, requerido para el buen crecimiento. El P ayuda a la formación de raíces fuertes y abundantes, contribuye a la formación y maduración de los frutos, es indispensable en la formación de semillas (Ortuño *et al.*, 2009). El P participa activamente en el metabolismo de hidratos de carbono, formación de clorofila para el proceso fotosintético, favorece el desarrollo radicular y acelera la maduración de los tubérculos (Pardavé, 2004).

3.4.3 Potasio (K).

Después del N, el K es el nutriente mineral requerido en mayor cantidad por las plantas. El requerimiento del K para el óptimo crecimiento vegetal está en el rango de 2- 5 % del peso seco vegetal de las partes vegetativas, frutas carnosas y tubérculos (Marschner, 1995).

López y Espinoza (1995), señalan que el papel del K es importante en la síntesis de los azúcares y del almidón, es así que la función primaria del K está ligada al transporte y la acumulación de azúcares dentro del tubérculo, ésta función permite el “llenado del tubérculo”.

El ión K^+ se redistribuye con facilidad de los órganos maduros a los juveniles, por lo que los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas de mayor edad. En las dicotiledóneas, estas hojas se ponen un poco cloróticas, en especial en la cercanías de las lesiones necróticas que pronto aparecen (Salisbury y Ross, 1994).. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, helada y salinidad, además las plantas bien provistas de K^+ sufren menos de enfermedades (FAO, 2002).

3.4.4 Capacidad de Intercambio Cationico (CIC).

La CIC es la medida de la capacidad que posee un suelo de adsorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo. Esta propiedad es la que define la cantidad de sitios disponibles para almacenar los cationes en el suelo. Los cationes que son sometidos a esta retención quedan protegidos contra los procesos que tratan de evacuarlos del suelo, como la lixiviación, evitando así que se pierdan nutrientes para las plantas. Además, como la retención se hace superficialmente obedeciendo a deferencias de carga electrostática, los cationes adsorbidos pueden ser intercambiados por otros de la solución del suelo, convirtiéndose en cationes intercambiables, necesarios en los procesos de nutrición de la planta (Jaramillo, 2002).

La CIC de un suelo varía de horizonte a horizonte en cada uno de ellos dependerá del contenido y tipo de arcillas, como de los compuestos orgánicos. Por lo tanto la CIC y la Capacidad de Intercambio de Acidez biológicamente afectan los tipos de organismos presentes y su actividad (Porta *et al.*, 1994).

3.4.5 pH

El pH, según Fassbender (1982), es una relación entre los contenidos de protones y de iones OH⁻, por lo cual se cumple que en agua pura el $\text{pH} + \text{pOH} = 14$; la relación anterior implica entonces que una solución tendrá una condición neutra ($\text{pH} = 7.0$).

Orsag (1993) menciona que, la reacción de los suelos en el Altiplano, es en la mayoría de los casos es neutra o alcalina. Sin embargo cuando se detectan valores extremos a la acides o alcalinidad dificulta la absorción de nutrientes e inclusive puede llegar a disminuir la fauna del suelo.

3.5 Propiedades Microbiológicas.

Microorganismos del Suelo.

La importancia de los microorganismos en ambientes naturales, deriva de su cantidad, diversidad y sobre todo, de su gran espectro de actividades que en la mayoría de los casos, repercuten en los seres superiores con los cuales comparte un determinado

hábitat. Concretamente, en el suelo los microorganismos desarrollan una amplia gama de acciones que inciden en el desarrollo y nutrición vegetal; sin embargo, el nivel de actividad de las poblaciones microbianas de diversos suelos es muy bajo, salvo en el microhábitat donde haya una suficiente cantidad de fuente de carbono metabolizable (C-lábil). Cuando se introducen plantas en el sistema, la situación de los microbios cambia drásticamente, ya que las plantas son las principales suministradoras de sustratos energéticos al suelo, los cuales son aprovechados por los microorganismos cuando se encuentran en la zona próxima a la raíz y proliferan en ella (Barea y Olivares, 1998).

Entre las actividades de los microorganismos, entre ellos los hongos, bacterias y otros microorganismos, está el mantenimiento de la fertilidad del suelo; siendo los responsables de la degradación de toda la materia orgánica muerta para formar el humus (Rodríguez, 1997). Chilon (1996) menciona que en trabajos publicados demuestran que el número de organismos descritos en los suelos varían enormemente.

La diversidad del total de la microflora en los suelos depende de la naturaleza del ambiente de la tierra y de factores que afectan el crecimiento y actividad de cada organismo individual, incluidos entre estos la temperatura, la luz, la aireación, los nutrientes, la materia orgánica, el PH y el agua. Mientras hay muchos microorganismos que responden positivamente a estos factores, o una combinación de ellos, hay muchos otros que no (Ortuño, *et al.*, s/f).

3.5.1 Bacterias.

Son organismos unicelulares y son considerados como los organismos más simples. En suelos fértiles, provistos de materia orgánica fresca, existe aproximadamente mil millones por cada gramo de suelo. Algunas bacterias realizan funciones específicas, como las que obtienen energía de la oxidación del nitrógeno amoniacal a nitrógeno de nitratos. Otras intervienen formando parte del proceso general de descomposición de los materiales orgánicos. Se dividen en bacterias aerobias y anaerobias, según su propio sistema de obtener energía para sobrevivir (Ortuño *et al.*, 2009).

Benintende y Sánchez, (1999) mencionan que, aunque son numerosas, debido a su tamaño pequeño sólo representan menos de la mitad de la biomasa microbiana total. La abundancia se puede medir por medio del conteo en placas o estimando a través de microscopía directa.

La función básica de las bacterias es la descomposición y mineralización de los residuos orgánicos, de donde obtienen su fuente energética y alimenticia. Mediante su metabolismo liberan sustancias como enzimas, proteínas, reguladores de crecimiento, metabolitos y algunos nutrientes. Los beneficios de las bacterias para los cultivos se relacionan con un incremento en la cantidad de raíces y un aporte importante de elementos básicos para el desarrollo y producción (Acuña *et al.*, 2006).

3.5.2 Hongos.

Son organismos que participan activamente en la descomposición del litter en los suelos ácidos y en la humificación en ellos; son heterótrofos y muy eficientes en la descomposición de compuestos resistentes a las bacterias, como celulosa, hemicelulosa, lignina, grasas y almidones (Pritchett, 1991).

Los hongos aportan significativamente en la biomasa total, debido a su gran tamaño. Son los principales agentes de descomposición en ambientes ácidos. En contraste con las bacterias, los hongos pueden diferenciarse en forma efectiva en base a su morfología. Poseen un micelio ramificado formado por hifas independientes, septadas o no, y diversas estructuras reproductivas que pueden formar esporas sexuales o asexuales (Benintende y Sánchez, 1999).

La función básica de los hongos es la descomposición y mineralización de los residuos orgánicos frescos o recién incorporados al suelo, por esto se los conoce como descomponedores primarios, que mediante su metabolismo libera gran cantidad de enzimas capaces de destruir compuestos de estructuras complejas, para así obtener su fuente energética y alimenticia. Además liberan al medio proteínas, reguladores de crecimiento, metabolitos y algunos nutrientes (Acuña *et al.*, 2006).

3.6 Fertilización Orgánica.

Es la incorporación suplementaria de nutrientes al suelo a fin de que las plantas puedan completar normalmente su desarrollo y crecimiento. Para esto los tipos de fertilización son de origen orgánico e inorgánico. La fertilización orgánica consiste en la incorporación de restos de organismos vivos, o sea restos de animales y vegetales. Existen diversas modalidades de incorporación de los restos orgánicos, ya sea en forma de estiércol fresco y/o descompuesto, compost, abonos verdes y residuos de cosecha (Aroni y Cossío, 2005).

Augstburger (1990) concluye que, en el cultivo de papa en la zona Andina, se debe prescindir de la aplicación de fertilizantes, debiendo estos ser únicamente aplicados al completar la aplicación de abonos orgánicos. Por razones económicas y socioculturales, el uso de fertilizantes solo debe recomendarse a campesinos que tienen una vinculación definida con el mercado.

3.6.1 Fertilización foliar.

Se entiende por fertilización foliar el pulverizar soluciones diluidas de nutrimentos sobre las hojas, que puedan ser suministradas en forma de sales, líquidos o suspensiones (Fritz y Trenkel, 1989).

Espinoza (1995), sostiene que las aplicaciones de sustancias fertilizantes mediante la aspersión del follaje con sustancias nutritivas se denominan fertilización o abonamiento foliar. Es una práctica utilizada ampliamente en la agricultura tecnificada contemporánea. En Latinoamérica la aplicación de fertilizantes por vía foliar he venido ganando aceptación creciente en las últimas décadas por parte de la agricultura comercial.

García (1982), menciona que el descubrimiento de la absorción por las hojas no significa que las raíces vayan a perder su papel nutritivo, sino que se cuenta con una segunda vía para la alimentación de las plantas. El mismo autor indica que la fertilización foliar tiene especial importancia en:

- Los suelos deteriorados, de arcillas poco saturadas interiormente de humus y calcio, donde casi todo el abono que se incorpore al terreno queda retrogradado en los espacios interlaminares, debe emplearse con preferencia la fertilización foliar.
- Durante la parada invernal, en que las plantas detienen su nutrición por las raíces pueden absorber los alimentos por la parte aérea.
- Climas de lluvias abundantes donde el encharcamiento impide entrar en las tierras con equipos para distribuir abono a los suelos.
- En momentos de sequia, cuando el suelo seco se hace imposible la absorción por las raíces, la fertilización foliar constituye un gran recurso para alimentar a las plantas.

Fritz y Trenkel (1989), señalan que los aumentos de rendimiento que se consiguen se deben al abonado a base de elementos menores. Las funciones que cumple el abonado foliar son:

- Complementa el abono aplicado al suelo.
- Suprime carencias de nutrientes ocultos
- Se logra más rápida utilización de los nutrientes en la planta
- La duración es menor debiéndose aumentar las aplicaciones foliares.

3.6.2 Estiércol.

Los estiércoles y orines son las excretas animales que después de un proceso de descomposición, colaboran en la formación de humus y proporcionan nutrientes a las plantas (Aroni y Cossio, 2005).

El estiércol de granja consta de dos componentes: sólido y líquido. El excremento sólido, en promedio, contiene la mitad o más del nitrógeno, casi la tercera parte del potasio y aproximadamente todo el fósforo excretado por el animal (Ortuño *et al.*, 2009).

Como término medio, un estiércol con un 20 – 25% de materia seca contiene 4 Kg.t⁻¹ de nitrógeno, 2,5 Kg.t⁻¹ de anhídrido fosfórico y 5,5 Kg.t⁻¹ de óxido de potasio. En lo que se refiere a otros elementos, contiene por tonelada métrica 0,5 Kg de azufre, 2 Kg de magnesio, 5 Kg de calcio, 30 – 50 g de manganeso, 4 g de boro y 2 g de cobre (Guiberteau, 1994) citado por (Romera, s/f).

Selke (1968) señala que, el estiércol es una mezcla de deyecciones animales con camas, variando en su composición ampliamente debido a factores tales como: clase de animal, edad, condición e individualidad de los animales, alimento consumido, cama usada, manejo y almacenamiento del estiércol, etc.

Los abonos de tipo orgánico, y en especial los estiércoles, actúan en forma benéfica sobre los suelos, ya sea modificando sus propiedades físicas y químicas o aportando nutrientes. Estos abonos suministran en pequeña proporción los principales elementos fertilizantes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio), apreciables cantidades de micronutrientes, y además una rica población de microorganismos y enzimas activadoras de procesos químicos en los suelos. (Ortuño *et al.*, 2009).

3.6.3 *Bacillus subtilis*.

Clasificación de *Bacillus subtilis*.

División	:	Firmicutes
Familia	:	<i>Bacillaceae</i>
Género	:	<i>Bacillus</i>
Especie	:	<i>Bacillus subtilis</i>

Bacillus subtilis es una bacteria Gram positiva, produce endosporas que son termo resistentes y también resiste factores físicos perjudiciales como la desecación, la radiación, los ácidos y los desinfectantes. Produce enzimas hidrofílicas extracelulares que descomponen polisacáridos, ácidos nucleicos, permitiendo que el organismo emplee estos productos como fuente de carbono y electrones, producen antibióticos como la bacitricina, polimixina, gramicidina y circulina, fermentan la caseína y el almidón, vive dentro de los límites de 55 a 70°C. Es un gran controlador biológico,

Bacillus subtilis promueve el desarrollo de las plantas y previene las enfermedades del suelo causadas por *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* spp., *Verticillium* spp, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora capsici*, *Pythium* spp, el nemátodo nodulador de raíces (*Meloidogyne* spp) y *Rhizoctonia solani*, agente causal de la enfermedad denominada “mal del tallito” del algodónero (Calderón, *et al.*, 2002).

La bacteria *Bacillus subtilis* produce cantidades moderadas de una fitohormona llamada giberelina, que estimula el crecimiento de las plantas y que además tiene capacidad de transformar minerales no asimilables en compuestos orgánicos asimilables para las plantas (Aguilar, *et al.*, 2003).

3.6.4 *Trichoderma* spp., es un hongo antagonista que actúa como organismo benéfico impidiendo el desarrollo de hongos o nematodos causantes de enfermedades en las plantas. Este hongo anaerobio se encuentra naturalmente en el suelo y se caracteriza por no tener un estado sexual determinado, no afecta a plantas superiores. Generalmente se ubica en sitios que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición, como residuos de cultivos, especialmente en aquellos que son atacados por hongos fitopatógenos. Su importancia radica principalmente en que ataca, parasita y desplaza a otros hongos que producen enfermedades en las plantas. Los mecanismos por los que las cepas del género *Trichoderma* desplazan al fitopatógeno son fundamentalmente de tres tipos: competición directa por el espacio o por los nutrientes, producción de metabolitos antibióticos, ya sean de naturaleza volátil o no volátil, y parasitismo directo (Ortuño *et al.*, 2009).

Este hongo está presente en los suelos agrícolas de Bolivia en forma silvestre, se lo detecta en campos cultivados y sin cultivar. Para su manejo es importante combinar cepas, lo cual origina una mayor agresividad y puede poblar rápidamente la rizósfera. Entre sus características más importantes tenemos:

- Alta competencia en la rizósfera; colonización de rizoplano, utilización de exudados radicales y células radicales exfoliadas.
- Suprime una gran variedad de patógenos

- Modos de acción: competición por nutrientes y espacio; hiperparasitismo; antibiosis, promueve el crecimiento de raíces y exploración del suelo; reduce estrés ambiental
- Activo en una gran variedad de suelos, sustratos hidropónicos; pH 4-8, 10-35°C.

Cultivos: plantas ornamentales, arbustos, árboles, legumbres, cultivos de campo, cultivos “orgánicos”.

Usado extensamente en los Estados Unidos, Canadá y Latinoamérica (Ortuño, *et al.*, s/f).

3.7 Bioinsumos Agrícolas.

Los bioinsumos son productos que se obtienen a partir de diversos productos naturales, entre ellos microorganismos, extractos naturales y otros, que en su conjunción se constituyen en biocontroladores (biofungicidas, bioinsecticidas) biofertilizantes, promotores de crecimiento y vigorizantes. Diversos investigadores observaron resultados favorables de la aplicación de éstos productos en variados cultivos, tales como hortalizas menores, papa y otros (Ortuño *et al.*, 2010).

Son producto del aislamiento y caracterización de cepas nativas de microorganismos benéficos que han demostrado su eficiencia, y que han sido producidos masivamente en base a formulaciones con materiales existentes en el país. De esta manera se encuentran disponibles para productores independientes, asociación de productores y otras instituciones (Ortuño *et al.*, 2010).

La presión de la producción agrícola, debido al incremento poblacional y del mercado, ha ocasionado el uso indiscriminado de productos agroquímicos, que en diversa medida, están alterando el medio ambiente, la salud humana y los sistemas productivos en general. Ante ello, como una contrapropuesta, se están desarrollando productos biológicos (bioinsumos) en base a recursos naturales (micro biodiversidad agrícola, extractos naturales y otros), permitiendo así una producción más amigable con el medio ambiente, y se puedan obtener productos alimenticios con menor grado

de contaminantes, bajar los costos de producción y que sean accesibles principalmente a productores de recursos económicos limitados (Franco *et al.*, 2004).

La principal ventaja del control biológico sobre el control químico está en, la ausencia de residuos químicos sobre las partes comestibles de los cultivos, así mismo aminora el daño al medio ambiente por la baja concentración de químicos persistentes (Proinpa, 2008).

3.7.1 Inicio de la formulación de bioinsumos.

A través de aislamientos y caracterizaciones de microorganismos nativos, se iniciaron estudios sobre el potencial de uso en las zonas productoras altoandinas (PROINPA, 2004), posteriormente se evaluó en laboratorio el potencial que representaban y después de seleccionarlos, se hicieron pruebas en invernadero, donde se confirmaron las propiedades de algunos microorganismos como bacterias y hongos benéficos para la agricultura. Con ese antecedente, se iniciaron estudios para la multiplicación masiva, pero en forma piloto, de los microorganismos seleccionados, para lo cual se tuvo que desarrollar protocolos de producción a mayores volúmenes, donde se evaluaron diferentes medios de cultivos, sólidos y líquidos que contengan ingredientes ampliamente disponibles en el mercado tradicional y que sean aceptados en la producción orgánica certificada (Ortuño *et al.*, 2006).

Después se evaluaron dosis y formas de aplicación con los mismos productores. Con toda la información procesada, se obtuvieron las formulaciones definitivas de los biofertilizantes y bioplaguicidas. Los productos nominados como biofertilizantes fueron: Micobac, Fertitrap, Biofert, Tricobal y Vigortop. Como biofungicidas se crearon el Tricotop, Biobacillus y Biobat. Complementariamente se adecuaron productos para que sean producidos por agricultores en plantas comunales como el Fertisol (biofertilizante foliar), Biograd (activador orgánico), Acaritop (bioinsecticida) y Fungitop como biofungicida (Ortuño *et al.*, 2010) citado por (IICA y BID, 2013).

3.7.2 Biofertilizantes.

Entre los bioinsumos utilizados se encuentran clasificados como biofertilizantes y/o promotores de crecimiento donde el abono fermentado líquido con el interés de aplicar foliarmente fuentes fosfóricas y de nitrógeno, se hicieron pruebas con mezclas líquidas de estiércoles, chancaca, microorganismos eficientes (aceleradores de la descomposición), roca fosfórica y fuentes adicionales de calcio y boro, después de muchas mezclas en proporción y pruebas en diferentes cultivos, se obtuvo una combinación adecuada y se formuló un ecofertilizante (abono fermentado) foliar (Ortuño *et al.*, 2006).

3.7.3 Ventajas del uso de los biofertilizantes con estiércoles o compost.

Navia, *et al.*, (2005), señala que el uso del compost, estiércoles y los biofertilizantes tiene muchas ventajas para mejorar la producción de cultivos y conservar la fertilidad de los suelos agrícolas. Las más importantes, por su efecto en el suelo son:

Mejora las propiedades físicas del suelo:

- Favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola.
- Reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad.
- Aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo.

Mejora las propiedades químicas:

- Aumenta el contenido de macronutrientes como N, P, K, y de micronutrientes.
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.).
- Es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

Mejora la actividad biológica del suelo:

- Actúa como sustrato y alimento de los micro-organismos que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

Otras importantes ventajas que se han observado en el cultivo, se tiene:

- Mejora la emergencia y desarrollo de los cultivos.
- Se observa un efecto inhibitorio sobre ciertas enfermedades del suelo (Ej. Rizoctoniasis).
- Acorta el ciclo vegetativo de los cultivos, y disminuye el riesgo a factores bióticos y abióticos.

a) Tricobal.

Ortuño *et al.*, (2010), menciona que el Tricobal está compuesto por *Trichodermas spp.*, que actúa como promotor de crecimiento para la planta, y *Bacillus subtilis* que también actúa como promotor de crecimiento y biocontrolador en la rizósfera, protegiendo las raíces del ataque de patógenos del suelo

Composición:

<i>Bacillus subtilis</i> y <i>bacillus amyloliquefaciens</i> (4×10^9 ufc/g).....	0,01%
<i>Trichoderna koningiopsis</i> y <i>Trichoderma hardzianum</i> (1×10^{12} esporas/g)...	20,00%
Ingrediente inerte (CaCO_2).....	79%

b) Fertisol.

Ortuño *et al.*, (2010), señala que el Fertisol es un biofertilizante foliar líquido orgánico y natural, que se puede utilizar en una gran variedad de plantas: ciclo corto, anuales, bianuales o perennes, gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales (durazno, manzana, vid) hortalizas (cebolla, tomate, lechuga, repollo) raíces, tubérculos (papa) y ornamentales, con aplicaciones dirigidas principalmente al follaje.

Composición:

Nutrientes (%)	
Nitrógeno.....	2.00%
Fósforo.....	3.00%
Potasio.....	2.00%
Calcio.....	2.00%
Boro.....	0.05%
Fitoreguladores.....	0.95%
Otros.....	90.00%.

c) Vigortop.

Ortuño *et al.*, (2010), indica que el Vigortop es un biofertilizante bioestimulante promotor de crecimiento foliar líquido, que se puede utilizar en una gran diversidad de plantas (cultivos anuales, hortalizas, frutales, plantas ornamentales, etc.), promueve el incremento del follaje en las plantas, disminuye la caída de las flores y estimula el cuajado de frutos, incrementando los rendimientos. Estimula el crecimiento de plantas afectadas por sequía o heladas.

Composición:

Ácidos húmicos y fúlvicos.....	94%
Brasinoloide.....	2%
Extracto de plantas.....	4%

3.7.3 Bioplaguicidas

Los bioplaguicidas o bioinsecticidas son productos que contienen un microorganismo como ingrediente activo o bien se extraen de un ser vivo mediante procedimientos que no alteran su composición química. Pueden estar constituidos por toda o una parte de la sustancia extraída, concentrada o no, adicionada o no a sustancias coadyuvantes (De Liñan, 2001).

a) Acaritop.

Este producto se desarrolló por la necesidad de controlar ácaros en el cultivo de locoto, en procura de sustituir el alto uso de insecticidas y acaricidas que con frecuencia bajan su eficacia y exigen un uso indiscriminado. Se hicieron pruebas con agricultores, combinando polisulfitos y extracto de locoto. Las proporciones se determinaron con ensayos comparativos en campo de agricultores, hasta obtener un producto uniforme y comprobado (Ortuño *et al.*, 2006).

Ortuño *et al.*, (2010), sostiene que este ecoacaricida que actúa por contacto, controla arañas, trips, pulgillas, pulgones en cultivos y hortalizas (cebolla, tomate), frutales (durazno, vid, manzano), papa y ornamentales. Solo afecta a la plaga en la superficie de la planta, se necesita bañar las plagas y toda la parte aérea de la planta

Composición:

Polisulfitos.....	90%
Extracto de capsicina.....	10%.

b) Fungitop.

Ortuño *et al.*, (2010), menciona que Fungitop es un ecofungicida que actúa por contacto. Controla manchas foliares, mildius y oídios en cultivos de hortalizas (cebolla, tomate) frutales (durazno, vid, manzano) papa y ornamentales. Al ser un ecofungicida de contacto solo afecta las estructuras del patógeno en la superficie de la planta, actuando en sus fases de germinación y penetración.

Composición:

Polisulfitos.....	90%
Extracto de plantas, Ácido salicílico...	10%.

c) Bauvetop líquido.

Ortuño *et al.*, (2010), indica que Bauvetop es un bioinsecticida cuyo ingrediente activo es *Beauveria spp.*, que es un hongo entomopatógeno nativo que controla plagas como gorgojo (de maíz, de papa, etc.), polillas, picudos, chinches, loritos, broca del café y otros.

Composición:

Ingrediente Activo.....	3%
<i>Beauveria spp.</i>	2,5x10 conidias /gr.
Ingrediente inerte.....	97%
Ingrediente inerte sólido.....	Arroz/carbonato de calcio
Ingrediente inerte líquido.....	Aceite mineral (Ortuño <i>et al.</i> , 2010).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los predios de la Estación Experimental de Quipaquipani perteneciente a la Fundación PROINPA, la misma que se encuentra a 41 Km. de la ciudad de La Paz y a 4 Km. de la población de Viacha en la Provincia Ingavi del Departamento de La Paz. Geográficamente se halla situada a $16^{\circ} 40' 30''$ Latitud Sur y $68^{\circ} 17' 58''$ de Longitud Oeste y a una altitud de 3880 m.s.n.m.

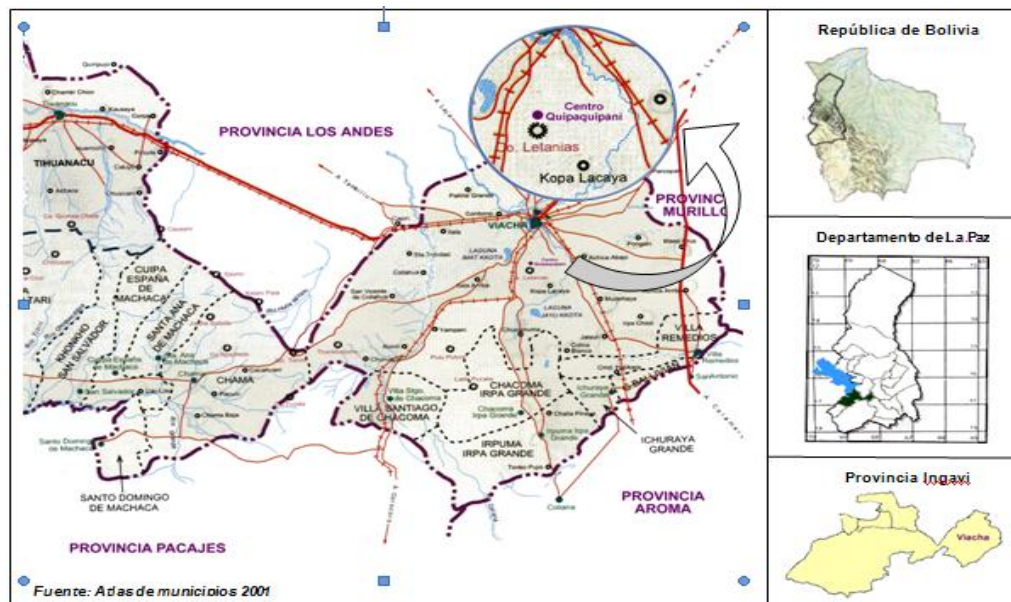


Figura 1. Ubicación de la Estación Experimental de Quipaquipani

4.1.1 Características Climáticas.

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

4.1.2 Suelo.

El suelo es de origen aluvial con deposiciones finas, la profundidad varía de 20 a 50 cm., lo que facilita el laboreo, presentan una textura franco arcilloso arenoso, con un pH ligeramente básico y un contenido de materia orgánica de 4,5%.

4.1.3 Vegetación.

La vegetación que predomina en la zona de estudio está compuesta por especies nativas de tipo herbáceas y la mayoría de ellas pertenecen a la familia Poaceas (gramíneas) de ciclo perenne, además de otras especies herbáceas, arbustivas muy bajas y dispersas que generalmente crecen durante la época de lluvias, *Bromus catharticus* Valh. (Cebadilla), *Hordeum muticum* Presl (Cola de raton), *Erodium cicutarium* (L.) L'Her (Reloj reloj), *Taraxacum officinale* Weber (Diente de león) *Jarava ichu* (Paja brava), *Pennisetum clandestinum* Hochst (Chiji).

Entre las especies cultivables están la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), papa (*Solanum tuberosum* L., ssp. *andigena*), cebada (*Hordeum vulgare* L.), papalisa (*Ullucus tuberosus* Caldas) haba (*Vicia faba*), avena (*Avena sativa* L.), oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) y cañahua (*Chenopodium pallidicaule* A.)

4.2 Materiales.

4.2.1 Material Vegetal.

Se utilizó semilla de papa de la variedad Waych'a (*Solanum tuberosum* L., ssp *andigenum*), categoría Básica-3, tamaño IV (25-35mm); procedente de la asociación de semilleristas de Muru Mamani (ASEM) de La Paz.

4.2.2 Insumos.

Estiércol (3 t/ha)

4.2.3 Bioinsumos

a) Tricobal (Tb) (2Kg/ha)

Producto compuesto por *Trichodermas spp.* y *Bacillus subtilis*.

b) Acaritop (At) (0.5 l/20 l de agua)

Ecoacaricida que actúa por contacto. En su preparación incluye 3% de aceite mineral, 17% de extracto de locoto (1 kg licuar en 3 l de agua) y 80% de caldo sulfocálcico.

c) Vigortop (Vt) (1l/20 l de agua)

Para la preparación de Vigortop en 1 turril de 200 l se necesita:

22 kilos de guano fresco de vaca, oveja, llama, gallina u otro; 4 litros de chancaca diluida (1 adobe se diluye en 4 l de agua); 2 litros de leche (mejor si no es pasteurizada) ó 4 litros de suero de leche; 4 kilos de ceniza vegetal (cernida); 4 kilos de alfalfa, trébol u otra leguminosa (picada); Agua limpia.

d) Fertisol (Fs) (1/20l de agua)

En 100 litros de agua, se adiciona 20 kg de estiércol fresco de vacuno, dos adobes de chancaca diluida (fuente de energía), 3 kg de roca fosfórica, 2 litros de leche (prolifera la población de microorganismos descomponedores), 3 kg de follaje de leguminosas, y 1 kg de ceniza para aumentar el contenido de potasio.

Esta mezcla se hace fermentar en forma anaeróbica en un biodigestor (turril de plástico), que contenga una manguera en la parte superior (sumergiéndola en una botella con agua), para dejar salir los gases que se forman durante la descomposición, que son depositados en la botella (Ortuño *et al.*, 2006).

e) Bauvetop líquido (Bv) (50cc en 20 l de agua)

Es un bioinsecticida cuyo ingrediente activo es *Beauveria spp.*, un hongo entomopatógeno nativo, que controla plagas como gorgojo (de maíz, de papa, etc.), polillas, picudos, chinches, loritos, broca del café y otros.

f) Fungitop (Ft) (0.5 l/20 l de agua)

Preparado a base de Caldo sulfocalcico 80% y de Infusión de cola de caballo 20% (1 amarre de cola de caballo en 10 l de agua). Es un ecofungicida que actúa por contacto.

4.2.4 Material de Campo.

Mochila aspersora, cinta métrica, pita, balanza, estacas de madera, azadones, picotas, chuntillas, pala, rastrillos, tractor con sus implementas (arado y rastra), marbetes, flexo metro, regla, bolsas nylon, saquillos, callapos, cal, alambre de púas y grapas.

4.2.5 Material de Laboratorio.

Probeta de 1 l, termómetro, pipeta, agitador, balanza, tamiz, agua destilada, densímetro, cilindros, tubos de ensayo, cajas petri, micropipeta, pipeta, tips, bortex, asa de hidrasqui, flujo laminar, cloro, agua destilada, alcohol al 70%, papel toalla, papel estañado, pañitos desinfectantes, balanza analítica y mechero.

4.2.6 Material de Gabinete.

Computadora, planilla de registros, calculadora científica, cámara fotográfica, cuaderno de campo, material de escritorio (hojas bond, tinta, planillas, bolígrafos, lápices, otros).

4.3 Métodos.

4.3.1 Diseño Experimental.

El diseño que se utilizó fue Bloques Completamente al Azar con cuatro repeticiones.

El modelo lineal del Diseño Bloques al azar es:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_{ij} \text{ (Calzada, 1982).}$$

Donde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media general

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

4.3.2 Características del Campo Experimental, (Anexo 1).

Número de surcos por Unidad Experimental (U.E.): 5

Largo del surco U.E.: 5 m

Ancho de U.E.: 4m

Área de evaluación U.E.: 12 m² (3 surcos centrales)

Distancia entre plantas: 0.30 m

Distancia entre surcos: 0.80 m.

Largo de bloque: 37.6m

Ancho de bloque: 5 m

Número de bloques: 4

Superficie cultivable: 752 m²

Área total del ensayo: 864.8 m²

4.3.3 Trabajo de Campo.

a) Preparación del Terreno.

La preparación del terreno se realizó con tractor antes de la siembra, que consistió de una arada o roturada del terreno, posteriormente el mullido y el nivelado de la parcela.

b) Fertilización.

A excepción del tratamiento T1 (testigo), como base de la fertilización se incorporó estiércol en todos los tratamientos, en una cantidad de 3 tn/ha, tal como utilizan tradicionalmente los productores del sector. De igual forma junto al estiércol se aplicó el bioinsumo Tricobal a partir del T3 al momento de la siembra, al voleo en surco.

c) Siembra.

La siembra se realizó el 16 de noviembre de 2010, de forma manual, depositando la semilla a una profundidad aproximada de 0.30 metros, posteriormente se cubrió con una capa de tierra.

d) Labores culturales.

El aporque se realizó en forma manual, a los 68 días después de la siembra, con la ayuda de un azadón. Esta actividad tuvo el objetivo de impedir que los tubérculos queden al descubierto y eliminar las malezas.

e) Aplicación de bioinsumos.

Los bioinsumos fueron aplicados solos y de forma combinada en diferentes intervalos de tiempo, en base a lo mencionado en el Cuadro 1, con la ayuda de una mochila aspersora.

Cuadro 1. Estrategia de aplicación de bioinsumos.

Aplicación a la siembra		Aplicación foliar de bioinsumos durante el desarrollo del cultivo						
Trat.	Siembra	30 dde	40 dde	45 dde	50 dde	60 dde	70 dde	75 dde
T1	Testigo absol.							
T2	Estiércol (Et)							
T3	Et + Tricobal							
T4	Et + Tricobal	At+Vt	Ft +Fs		At +Vt	Ft + Fs	Ft +Vt	
T5	Et + Tricobal	At+Vt	Fs		At +Vt	Fs	Vt	
T6	Et + Tricobal	At+Vt		Fs		At + Vt		Fs
T7	Et + Tricobal	Bv + Vt		Fs		Bv +Vt		Fs
T8	Et + Tricobal	At+Vt		Bv + Fs		At +Vt		Bv + Fs

dde: días después de la emergencia

A excepción de los tratamientos T1 y T2 se aplicó Tricobal como base por aspersión al momento de la siembra y a surco abierto a una dosis de 2Kg/ha.

f) Cosecha.

Cuando las plantas mostraron senescencia (amarillamiento), se procedió a realizar la cosecha por UE. La actividad se la realizó el 25 de Abril de 2011 y fue en forma manual.

4.3.3.1 Toma de muestras del suelo para la evaluación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas**a) Propiedades físicas.**

La Densidad Aparente se determinó mediante el método del Cilindro (volumen conocido de 100 cm³). Se colectó muestras de suelo no disturbadas por cada unidad experimental (UE), se las identificó y se las llevó al laboratorio para su respectivo análisis. La evaluación se realizó en dos oportunidades durante el desarrollo del cultivo (inicio de la floración) y postcosecha (60 días pasada la cosecha).

La Porosidad, se determinó utilizando la fórmula de Porosidad mencionado en el subtítulo **4.4.3 Variables edáficas.**

La humedad del suelo, se determinó, a una profundidad aproximada de 30 cm, se colectaron muestras de suelo de aproximadamente 50 g del borde de cada UE, eliminando los primeros 5 cm de la superficie. La actividad se la repitió a los 24, 44 y 64 días después de la siembra.

b) Propiedades químicas.

Se colectaron muestras de suelo al inicio de la floración de acuerdo a metodología sugerida por Lozano (2006), realizando un muestreo sistemático en forma de z en cada una de las unidades experimentales, esto con el fin de reducir la variabilidad de las muestras, a una profundidad aproximada de 20 cm, se colectaron 5 sub-muestras de suelo por cada UE., las sub-muestras colectadas fueron depositadas en un balde, para ser mezcladas homogeneizadas y así obtener una muestra única (1 kg). Las muestras fueron identificadas y enviadas al laboratorio de Suelos del IBTEN (Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear) para su análisis químico.

c) Propiedades Microbiológicas.

A los 30, 60 y 90 días después de la emergencia (dde), por cada UE se colectaron 5 sub-muestras de suelo (aproximadamente 300 g) de la rizósfera. Las sub-muestras fueron depositadas en un balde, para ser mezcladas y homogeneizadas y así obtener una muestra única compuesta (300 g). La muestra fue identificada y enviada al laboratorio de microbiología de PROINPA para determinar la cantidad de bacterias y hongos totales presentes.

4.4 Variables de Respuesta.

4.4.1 Variables Agronómicas.

Las lecturas de las variables agronómicas se las realizaron por cada Unidad Experimental (UE), para determinar si existen variaciones en el comportamiento del cultivo por efecto de la aplicación de los tratamientos en estudio.

a) Porcentaje de emergencia.

Los días a la emergencia, se determinaron con el tiempo acumulativo en días, desde la siembra hasta la emergencia, considerando más del 50% de plantas emergidas por cada UE. Se contabilizó el número de plantas emergidas por cada UE, se contrastó con el número de tubérculos sembrados (75), y se determinó el porcentaje de emergencia mediante la siguiente ecuación:

$$E (\%) = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas emergidas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas sembradas}} \times 100$$

b) Altura de la planta (cm)

Esta variable nos permitió conocer el crecimiento del cultivo durante la fase de desarrollo. Se escogieron al azar 9 plantas por UE que fueron identificadas con marbetes, considerando los tres surcos centrales y descartando los bordes para evitar el efecto de bordura y cabecera.

Las mediciones se realizaron desde la base del tallo hasta la inserción de la última hoja apical sin incluir la inflorescencia. Se evaluó en cuatro momentos durante el desarrollo del cultivo.

c) Días a la floración.

Los días a la floración se determinaron registrando los días transcurridos desde la siembra, considerando más del 50 % de floración por UE.

d) Longitud de raíz (cm)

Se realizó un muestreo destructivo al azar de 3 plantas por UE al momento de la floración, para luego medir en centímetros el largo de raíces desde la base del tallo hasta la terminación de la raíz más larga.

e) Rendimiento (tn/ha)

La evaluación del rendimiento se realizó después de la cosecha, considerando a las 45 plantas de los tres surcos centrales por cada UE (12 m²), pesando el total de los tubérculos cosechados por UE.

4.4.2 Variables Fitosanitarias.

Después de la cosecha, en cada UE se realizó la evaluación fitosanitaria de los tubérculos, determinando la incidencia y severidad del ataque de plagas más comunes como el Gorgojo de los Andes, Polilla de la papa y Pulguilla saltona.

a) Incidencia.

La incidencia se la determinó examinando la presencia de plagas en cien tubérculos elegidos al azar por UE. La incidencia del daño se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia} = (\text{N}^\circ \text{ de tubérculos enfermos}/100)$$

b) Severidad

La severidad se la determinó eligiendo al azar diez tubérculos infestados con plagas, para luego medir cuantitativamente en forma visual el área del tubérculo afectada, mediante la siguiente fórmula citado por Carvajal (1992).

$$I = 100 * \frac{(\sum n * e)}{N * Z}$$

Donde:

- I= Intensidad de daño (severidad)
- n= Número de tubérculos dañados
- e= Valor de la escala
- N= Número de tubérculos
- Σ = Suma de los productos (n*e)
- Z= Valor de categoría máxima

Determinación del índice de daño mediante la escala:

- 0= Tubérculo sano
- 1= 1-25 Tubérculos con daño débil
- 2= 26-50 Tubérculos con daño fuerte
- 3= 51-75 Tubérculos con daño muy fuerte
- 4= 76-100 Tubérculos con daño extremadamente fuerte

4.4.3 Variables edáficas.

Se realizó la toma de muestras del suelo para su respectivo análisis.

4.4.3.1 Análisis Físico del Suelo.

La evaluación de Densidad aparente y Porosidad se realizó, durante el desarrollo del cultivo (inicio de la floración) y post cosecha (60 días pasada la cosecha, la Humedad gravimétrica fue evaluada a los (24, 44 y 64 dde); para conocer el efecto de los tratamientos en las propiedades físicas del suelo. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.

a) Textura

La proporción relativa de arena limo y arcilla en el suelo fue determinada por el método del hidrómetro de Bouyoucos. Este método se basa en la dispersión de las partículas en un medio líquido, previamente se eliminó la materia orgánica de la

muestra por tratamiento. Mediante el densímetro de Bouyoucos, se comprueba la densidad de la suspensión a tiempos determinados y aplicando la ecuación de Stokes se obtiene el diámetro de las partículas sedimentadas. Para esto se tomaron muestras compuestas de suelo con las que se estableció la clase textural.

b) Densidad Aparente.

Esta variable se determinó por el método del cilindro de un volumen de 100 cc. Posteriormente las muestras de suelo fueron pesadas en fresco y colocadas en una estufa a 105°C por 24 horas, para luego ser pesadas en seco. Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$Dap = Ms / Vc$$

Dap = Densidad aparente (g/cc)

Ms = Masa del suelo seco a la estufa (g)

Vc = Volumen del cilindro (cc)

c) Porosidad.

La Porosidad, se determinó con los datos de la densidad aparente y la densidad real del suelo, aplicando la fórmula:

$$\%P = (1 - Dap / Dr) * 100$$

%P = Porcentaje de porosidad (%)

Dap= Densidad aparente (g/cc)

Dr = Densidad real (2.65 g/cc)

d) Humedad Gravimétrica.

La humedad del suelo se determinó pesando las muestras del suelo en una balanza de precisión, antes y después del secado en la estufa a 105°C por 48 horas

registrando el peso húmedo y seco. El cálculo fue realizado mediante la siguiente fórmula:

$$H\% = (M - M_s / M_s) * 100$$

% H = Porcentaje de Humedad expresado en base a masa

M = Masa del suelo (g)

M_s = Masa del suelo seco secado a la estufa (g)

4.4.3.2 Análisis Químico.

Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio del IBTEN (Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear) para conocer el contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Capacidad de Intercambio Catiónico y pH, (Anexo 5). La metodología utilizada en el análisis de los diferentes parámetros se detalla a continuación:

a) Nitrógeno total (NT)

El nitrógeno total, fue determinado por el método de kjeldhal (%). En esta metodología se somete la muestra de suelo a una digestión por ebullición con ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y del nitrógeno orgánico a amoníaco.

b) Fosforo (P)

El P fue evaluado por Espectrofotometría Uv-Visible, mediante procedimiento colorimétrico usando ácido ascórbico que ayuda a desarrollar color que es detectado mediante un espectro-fotocolorímetro. Las lecturas se registraron en partes por millón (ppm).

c) Potasio (K)

El K en el suelo fue determinado por el método de Emisión atómica en (meq/100g).

d) Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La evaluación de la CIC se realizó por Volumetría en (meq/100g).

e) pH de suelo

Se realizó el análisis del pH o reacción química del suelo según el método Potenciometría, el cual mide el potencial de un electrodo sensitivo a los iones H⁺ presentes en una solución problema.

4.4.3.3 Análisis Microbiológico.

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de microbiología de la fundación PROINPA para determinar la cantidad de bacterias y hongos totales presentes, (Anexo 6). La metodología utilizada se detalla a continuación:

Método de Diluciones seriadas para el aislamiento de Microorganismos del suelo.

Se aplicó la metodología recomendada por Magallón (2009), el cual consiste en pesar 1 g de la muestra y colocarlo en un tubo de ensayo contenido con 9 ml de agua destilada estéril (factor de dilución 10^{-1}), luego de homogenizado en un vortex, 100 microlitros fueron extraídos con una micropipeta de la suspensión de suelo para colocarlo en un tubo ependorff contenido con 900 microlitros de agua estéril (factor de dilución 10^{-2}), este procedimiento se realizó en tubos ependorff contenidos con 900 microlitros de agua estéril hasta llegar a un factor de dilución 10^{-7} . Todo el procedimiento se realizó dentro de una cámara de flujo laminar con material previamente esterilizado en autoclave a 120 °C por 20 minutos para evitar la presencia de microorganismos ambientales ajenos a la muestra.

Siembra de la suspensión de suelo en medio de cultivo.

Se procedió a la preparación de los medios de cultivo estéril TSA (Tryptic Soy Agar 40 g/l) para el desarrollo de bacterias y PDA (Potato Dextrose Agar 39 g/l) para el desarrollo de hongos. En la cámara de flujo laminar se procedió a dosificar en placas

petri de 10 cm de diámetro a razón de 20 ml de medio/placa. Posteriormente, se colocaron 100 microlitros de la suspensión de suelo 10^{-3} en PDA para hongos y 10^{-7} en TSA para bacterias, utilizando un asa drigalski, se extendió la solución de suelo por toda el área de la placa, este procedimiento genera una dilución por un factor 10 adicional. Finalmente se incubaron a 30 °C por 2 días para bacterias y 4 días para hongos.

Para determinar esta variable, por cada placa Petri establecida se contaron las colonias típicas de bacterias en TSA (Tryptic Soy Agar) y hongos en PDA (Potato Dextrose Agar) expresados en Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/g de suelo utilizando la siguiente fórmula:

Número de colonias contadas en la placa petri x factor de dilución= UFC/g de suelo.

$$\text{UFC/g s.s.} = (\text{NC} * 1/\text{FD} * 1/\text{V}) / (\text{P} * \text{FH}).$$

Donde:

UFC/ g s. s. = unidades formadoras de colonias / g de suelo seco.

NC= número de colonias en una placa.

FD = factor de dilución que corresponde a la dilución de donde se tomó la muestra con la que se inocula la placa (10^{-2} a 10^{-10}).

V= volumen inoculado en la placa = 0.1 ml.

P = peso de la muestra húmeda = 1 g.

FH = factor de corrección de humedad ($1-(\% \text{humedad}/100)$).

4.4.4 Análisis Económico.

Para la evaluación económica de los tratamientos en estudio, se registró información sobre los costos fijos y variables de producción (Anexo 7), se calculó el beneficio neto, y finalmente la relación beneficio/costo. Este análisis se estableció sobre la base del método de evaluación económica propuesta por el CIMMYT (1998), el cual propone

una metodología sobre el presupuesto parcial y análisis marginal, como herramientas útiles para determinar los costos y beneficios al analizar los resultados.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Descripción de las condiciones climáticas.

5.1.1 Precipitación.

En base a la información obtenida del SENAMHI, en la figura 2, se presenta los promedios de precipitación pluvial registrada durante la investigación (2010-2011) y los promedios de los registros históricos (1980-2009). El cual se detalla en el (Anexo 2).

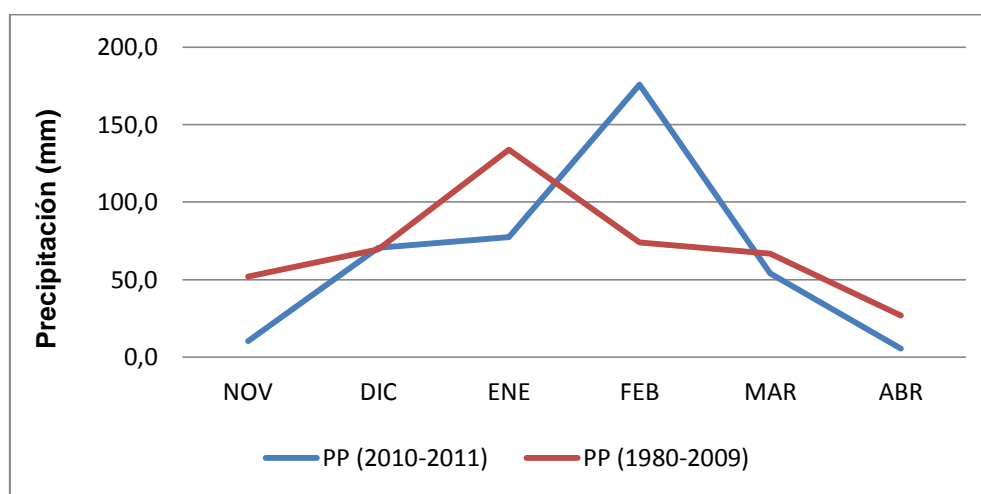


Figura 2. Precipitación mensual registrada durante el desarrollo del cultivo, campaña agrícola (2010-2011) y la registrada durante (1980-2009). Estación Experimental de Quipaquipani. Municipio de Viacha, La Paz.

En la Figura 2, se observa una baja precipitación pluvial durante la investigación en el mes de noviembre (10,3 mm) con relación al promedio del registro histórico que fue de 51,9 mm, lo que pudo causar algún estrés hídrico cuando las plantas estaban empezando a desarrollar. La mayor precipitación se registró en febrero con 175,8 mm. cuando el cultivo estaba en floración y en plena formación de tubérculos.

La precipitación acumulada para todo el ciclo del cultivo fue de 393,9 mm, considerada baja para el promedio en la zona de los últimos 30 años que fue de 423,1 mm y para una ideal producción del cultivo, que es de 500 a 700 mm (Doorembos citado por Soto 1997), Calderón, *et al.*, (2004) sostiene que la precipitación y la temperatura son

factores que el agricultor no puede modificar, pero sobre los cuales puede inferir con base en la probabilidad de su ocurrencia en frecuencia, intensidad y duración.

5.1.2 Temperatura.

La temperatura máxima, promedio y mínima registrada durante el desarrollo de la investigación, campaña agrícola (2010-2011) y la generada de los registros histórico (1980-2009) se encuentran detalladas en el (Anexo 2), y se presenta en la figura 3.

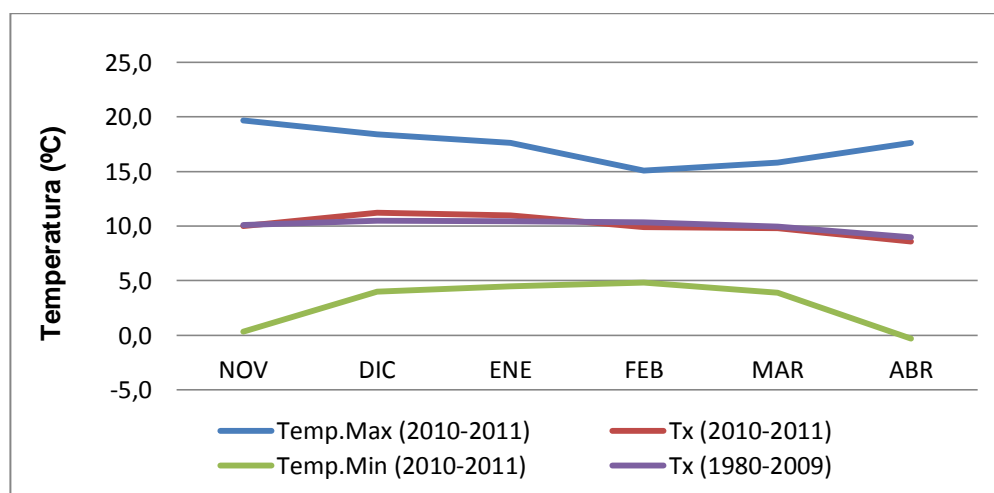


Figura 3. Temperatura máxima, promedio y mínima durante la campaña agrícola (2010-2011) y la registrada durante (1980-2009). Estación Experimental de Quipaquipani. Municipio de Viacha, La Paz.

En la figura 3, se observa que la temperatura promedio durante la investigación en general se mantuvo estable para el desarrollo del cultivo, no encontrándose temperaturas muy altas o muy bajas que pudieran generar algún estrés térmico o que difieran del promedio generado en los últimos 30 años.

Durante el desarrollo del cultivo, la temperatura mínima se registró en el mes de abril con $-0,3^{\circ}\text{C}$, cuando el cultivo estaba en la fase de madurez fisiológica, no teniendo efecto alguno en el comportamiento del cultivo. La temperatura máxima registrada fue de $19,7^{\circ}\text{C}$ en el mes de noviembre que ocurrió antes que las plantas emergieran.

La tuberización transcurrió a temperaturas $4,8$ a $15,1^{\circ}\text{C}$ la cual es considerada baja aunque no influyó en el rendimiento. Al respecto Pardavé (2004), señala que las

temperaturas diurnas de 20 a 25 °C y mínima nocturnas de 8 a 13 °C son excelentes para una buena tuberización. Según la FAO (2008), el cultivo de papa es de climas templados–fríos, la temperatura óptima tanto para la formación del tubérculo, como para el crecimiento vegetativo es de 15 a 20°C. Cuando las temperaturas son muy bajas (inferiores 0°C), afecta el desarrollo vegetativo por efecto de las heladas y se ve además afectado el proceso de asimilación, generando tubérculos pequeños. Si la temperatura es muy elevada afecta la tuberización y contribuye el desarrollo de plagas y enfermedades, podría disminuir la fotosíntesis, aumentar la respiración y por consecuencia hay combustión de hidratos de carbono almacenados en los tubérculos.

5.2 Evaluación del efecto de los bioinsumos sobre las variables agronómicas

5.2.1 Porcentaje de Emergencia.

Del Análisis estadístico para el porcentaje de emergencia evaluado a los 55 dds, que se presenta en el cuadro del (Anexo 3), se observa que no existen diferencias significativas entre las alternativas de bioinsumos ni entre bloques, lo que significa que la emergencia de las plantas no fue afectada por la adición de los bioinsumos. Al respecto Corina (2011), no encontró diferencias significativas aplicando cuatro bioinsumos al cultivo de papa en Cariquina Grande, Provincia Camacho.

En la figura 4, se presenta los promedios del porcentaje de emergencia del cultivo de papa para cada uno de los tratamientos.

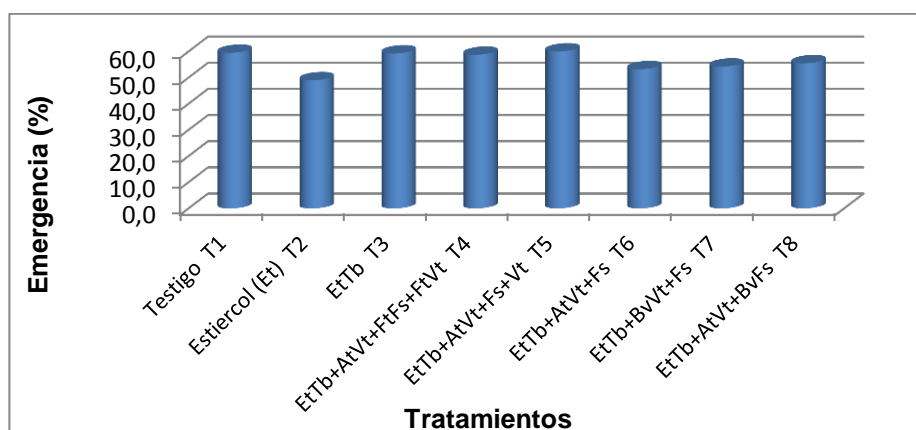


Figura 4. Porcentaje de emergencia del cultivo de papa a los 55 (dds) por efecto de los bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

Observando la figura 4, de forma general se pudo evidenciar una similitud entre los tratamientos y una lenta emergencia, probablemente debido a la escasa precipitación pluvial registrada en los meses de noviembre y diciembre, y a la siembra muy profunda de la semilla. Al respecto Canahua (1991), manifiesta que la emergencia ocurre generalmente a los 30 a 35 días después de la siembra y que depende de la humedad y temperatura del suelo. Por otro lado Pacheco (1997), indica que la falta de humedad en el suelo por más de 50 a 60 días después de la siembra afecta a la emergencia de las plantas. Por su parte Tangara (2007), en el altiplano central observó una emergencia tardía de la var. Waych'a, el mismo le atribuyó a las características de la semilla y la baja precipitación registrada.

De acuerdo al CIP (2005), después de la plantación o aun antes, el tubérculo semilla desarrolla brotes y raíces. Si el tubérculo semilla ha desarrollado brotes antes de la plantación, formará inmediatamente raíces y la emergencia se acelera. La humedad del suelo es necesaria para la formación de raíces y el temprano crecimiento de la planta, con baja humedad y baja temperatura la emergencia se retrasa.

INIA (2007), afirma que la temperatura juega un papel importante en el brotamiento de la semilla de papa. Así las temperaturas altas durante 3 o 4 semanas con 20 a 30 °C interrumpen el período de latencia, y las temperaturas bajas prolongan el período de latencia.

5.2.2 Altura de Planta.

El Análisis de varianza para altura de planta (Anexo 3), resultó no significativo entre los tratamientos aplicados y la interacción de fecha por tratamiento. Por el contrario hubo diferencias significativas en la altura de planta entre los bloques y las fechas de medición, siendo esta última altamente significativa, por tanto se presenta su respectiva prueba de medias de Duncan a un $\alpha = 0,05$.

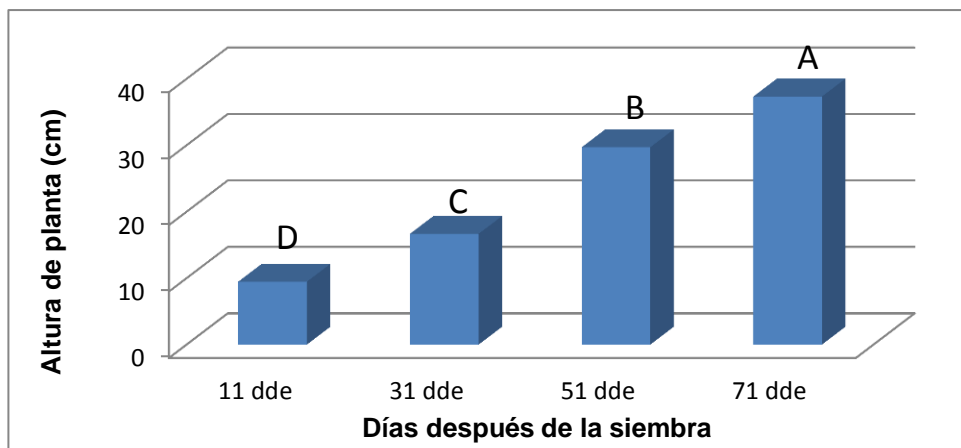


Figura 5. Comparación de medias para altura de planta por efecto de las fechas de medición (11, 31, 51 y 71 dde).

Analizando la figura 5, podemos establecer que se presentan diferencias significativas para las cuatro fechas de evaluación de la altura de planta (11, 31, 51 y 71 dde) con 9,4, 16,6, 29,6 y 37,3 cm respectivamente; observando que la mayor diferencia de altura (13 cm) se encontró de los 31 a 51 dde.

La altura de planta tuvo un incremento rápido hasta los 67 días aproximadamente posteriormente el crecimiento fue lento hasta los 71 dde antes que las plantas inicien su marchitamiento. En la figura 6, se presenta el seguimiento de la altura de planta correspondiente a las cuatro fechas de evaluación (11, 31, 51 y 71 dds).

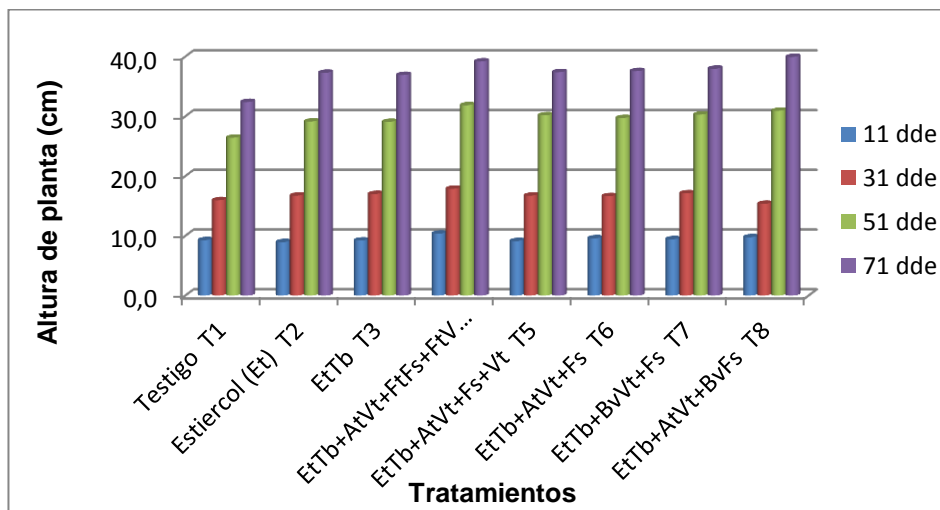


Figura 6. Evolución de Altura de planta durante el desarrollo del cultivo de papa. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

De acuerdo a la figura 6, a pesar que no existió diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, de modo referencial se observan diferencias numéricas para la tercer (51 dde) y cuarta (71 dde) fecha de evaluación; donde los tratamientos T1 (Testigo), T2 (Estiércol) y T3 (Estiércol y Tricobal) presentan las menores alturas. La estrategia del tratamiento T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt) evaluado a los 51 dde registró la mayor altura de planta con 31,9 mientras que el T8 (EtTb+AtVt+BvFs) y T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt) a los 71 dde. registraron también las mayores alturas con 39,9 y 39,2 cm. respectivamente, Estos tratamientos presentan aplicaciones alternadas de Vigortop y Fertisol. Al respecto Marino (2010), con la variedad waych'a en la comunidad de Cañacota, Cochabamba encontró un incremento significativo en la altura de planta con cuatro aplicaciones del biofertilizante Vigortop registrando alturas de 31,7 cm. a los 139 dds.

Por su parte Ortuño, *et al.* (2006), en el Valle de Cochabamba encontró diferencias significativas sobre la altura de planta del cultivar *Runa Toralapa* con cuatro aplicaciones de FERTISOL. Así mismo Ortuño, *et al.*, (s/f) en Cochabamba observó que el Fertisol tuvo un efecto positivo sobre el cultivo de cebolla, mostrando un buen desarrollo del cultivo, altura de planta, vigor y altos rendimientos, similar a los productos sintéticos.

Ortuño, *et al.* (2010) menciona que el Fertisol contiene N, P, K y otros nutrientes, además de fitoreguladores de crecimiento como el ácido indol acético (auxinas) y giberelinas que promueven actividades fisiológicas y estimulan el desarrollo de las plantas. Por su parte Rodríguez (1999), indica que todo lo que promueve exteriormente el crecimiento de la planta, constantemente incrementara la velocidad de absorción o el tamaño de la raíz y disminuirá la concentración mineral en la planta.

Estos resultados señalan que las condiciones climáticas del altiplano probablemente no favorecieron a la manifestación de los biofertilizantes recomendados para el cultivo de papa, como es el caso del Vigortop y Fertisol. Además las concentraciones utilizadas en este ensayo fueron bajas (2 l/ha).

5.2.3 Días a la Floración

De acuerdo al Análisis de varianza (Anexo 3), se observa diferencias estadísticas significativas entre bloques, sin embargo entre tratamientos no se encontró ninguna diferencia. Se asume que la diferencia encontrada entre bloques se debe más a la heterogeneidad del terreno.

A continuación en la figura 7, se presenta los promedios del porcentaje de días a la floración para todos los tratamientos.

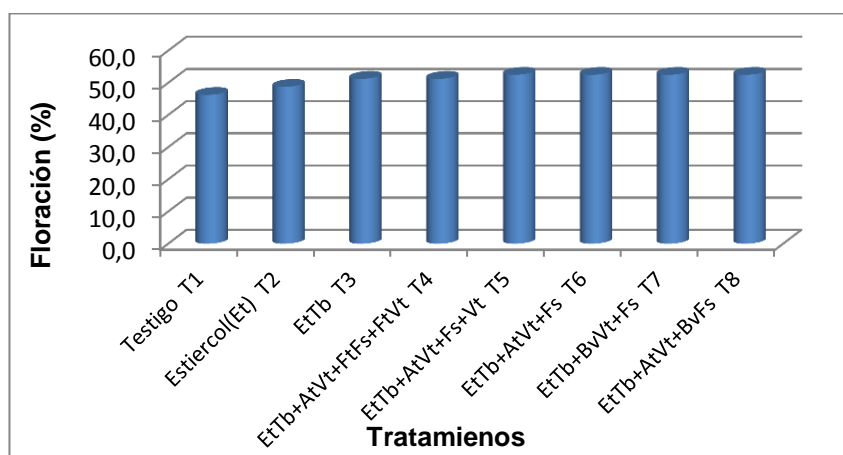


Figura 7. Días a la floración evaluado a los 35 (dde). Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

En la figura 7, se observa que existe una similitud en el porcentaje de floración entre tratamientos, lo que significa que el cultivo desarrolló la floración a un mismo tiempo (dde). Sin embargo se observó un menor porcentaje de floración en los tratamientos T1 (Testigo) y T2 (Estiercol). Lo que nos hace presumir que en los demás tratamientos donde se incorporó el biofertilizante Tricobal pudo influir en el porcentaje de floración

También se observó que el inicio de la floración se registró antes de los 20 dde. y que transcurrió hasta alrededor de los 70 a 75 dde. Canahua (1991), menciona que el inicio de la floración ocurre a los 20-25 días después de la emergencia y termina 55 a 85 después de la emergencia, esta fase se inicia cuando la última flor de la planta inicia su marchitamiento y secado, que en nuestro caso estaríamos en el rango promedio mencionado.

5.2.4 Longitud de Raíz

El Análisis de Varianza (Anexo 3), no presentó diferencias significativas entre bloque y tratamiento en la evaluación de la longitud de raíces del cultivo de papa. Lo que nos indica que el desarrollo de las raíces es independiente a la aplicación de los bioinsumos.

En la figura 8, se presenta los promedios de longitud de las raíces del cultivo de papa para todos los tratamientos.

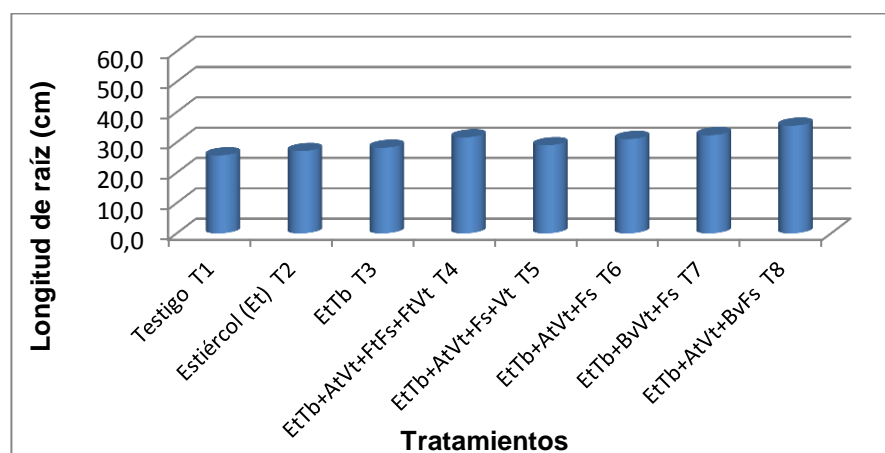


Figura 8. Efecto de los bioinsumos agrícolas en la longitud de raíces del cultivo de papa, evaluado a la floración. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

Observando la figura 8, en general se pudo evidenciar que los tratamientos T1 testigo y T2 estiércol fueron los que registraron menor longitud de raíz con 25.7 y 27.1 cm. respectivamente. La raíz se desarrolla en verticilo, en los nudos del tallo principal, siendo su crecimiento inicial vertical dentro de la capa arable, luego horizontal de 15 a 39 cm (Canqui y Morales, 2009).

Por su parte Ortuño, *et. al* (2010), menciona que el Tricobal que presenta en su composición *Trichoderma spp.* y *Bacillus subtilis* que actúan como promotores de crecimiento

Arias (2004), indica que *Trichoderma spp.*, es un hongo antagonista, que actúa como organismo benéfico y su acción como biofungicida se ve complementada por su

acción estimulante en el crecimiento de raíces lo que induce en la planta mayor resistencia a los ataques de plagas y enfermedades.

5.2.5 Rendimiento

De acuerdo al Análisis de Varianza (Anexo 3), para determinar el rendimiento del cultivo de papa por efecto de la aplicación de los bioinsumos, no se registraron diferencias estadísticas significativas entre bloques y tratamientos.

En la siguiente figura 9, se presentan los rendimientos del cultivo de papa para cada uno de los tratamientos.

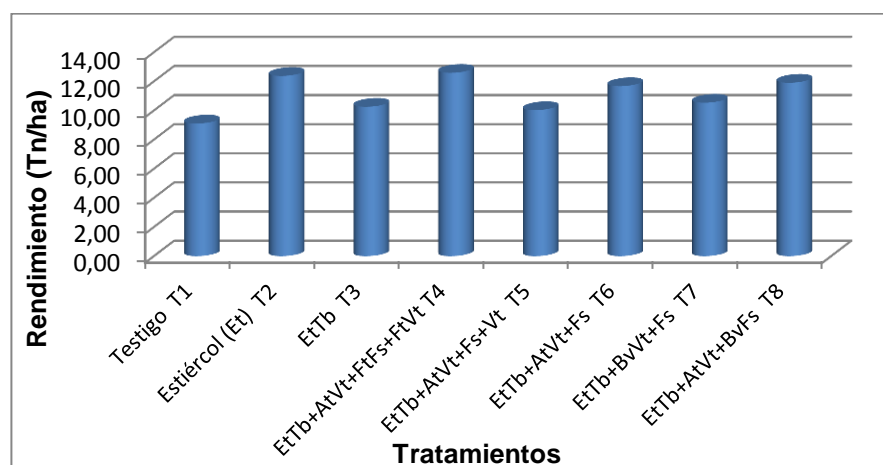


Figura 9. Rendimiento del cultivo de papa por efecto de la aplicación de Bioinsumos Agrícolas. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

La figura 9, sugiere que el T1 (testigo) presentó el rendimiento más bajo. Sin embargo la estrategia del T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt) fue el que registró mayor rendimiento. Probablemente las aplicaciones de los biofertilizantes Vigortop, Fertisol y Tricobal hayan logrado este incremento. Al respecto, Ortuño, *et. al.* (2006), encontró diferencias significativas en el rendimiento de papa con cuatro aplicaciones de FERTISOL con 32.5 tn/ha frente al testigo con 27 Tn/ha. en el cultivar *Runa Toralapa* en el Valle de Cochabamba.

Orius (2004), menciona que el hongo *Trichoderma spp.* posee excelentes cualidades para el control biológico de algunas enfermedades, en la que actúa como

bioestimulante del crecimiento radicular, al promover el desarrollo de raíces más fuertes y sanas debido a la secreción de fitohormonas, lo que permite, una mejor asimilación de nutrientes y toma de humedad por la planta y consecuentemente se obtienen mayores rendimientos. Para Navia y Ortuño (2005), la incorporación de la bacteria *Bacillus subtilis* tuvo un efecto altamente positivo en el cultivo de la cebolla. Tanto la aplicación por inmersión de las plántulas al trasplante como la aplicación por aspersión al cuello de las plántulas después del trasplante mostraron significativamente mayores rendimientos con respecto al tratamiento testigo (práctica Agricultor en el Cultivar Criolla Roja. La Villa, Cochabamba.

Asimismo y de forma global se observa que la incorporación de Estiércol más Tricobal como base al suelo, logró mejores rendimientos comparado con el testigo. Al respecto Canqui y Morales (2009), señalan que el cultivo de papa es exigente de suelos fértiles, por consiguiente el uso de abonos es de considerable importancia para obtener buenos rendimientos ya que los fertilizantes permiten un buen desarrollo en las primeras fases del cultivo, mientras que, el estiércol vacuno aporta nutrientes hasta la maduración de los tubérculos. La aplicación de estiércol y fertilizantes permite obtener mayores rendimientos que cuando se aplica grandes cantidades de uno sólo de ellos.

Navia y Ortuño (2005), mencionan que La incorporación de la bacteria *Bacillus subtilis* tuvo un efecto altamente positivo en el desarrollo del cultivo de la cebolla. Tanto la aplicación por inmersión de las plántulas al transplante como la aplicación por aspersión al cuello de las plántulas después del transplante mostraron significativamente mayores rendimientos con respecto al tratamiento testigo (práctica Agricultor).

Infoagro (2004), afirma que los parámetros a medir de altura de planta de cierta forma nos ayudan a medir el crecimiento y desarrollo de un cultivo además de ser a menudo correlacionado con el rendimiento.

5.3 Efecto de los bioinsumos sobre la incidencia y severidad de plagas más comunes.

5.3.1 Incidencia de Gorgojo de los Andes en tubérculos

De acuerdo al Análisis de varianza (Anexo 3), para la variable incidencia de daño de gorgojo expresado en porcentaje, se determinó que existen diferencias altamente significativas por efecto de los bloques atribuibles a la heterogeneidad del terreno. Sin embargo entre tratamientos no se encontraron diferencias.

Así mismo el coeficiente de variación fue de 13.69 % lo que señala que el grado de dispersión de los datos en función a la media fueron confiables para los análisis estadísticos ya que está dentro de los límites permisibles, el rango aceptable se encuentra entre 0-30 %. En la figura 10, se presenta el porcentaje de daño del gorgojo de los andes para los distintos tratamientos, el cual fue avaluado en tubérculos de papa.

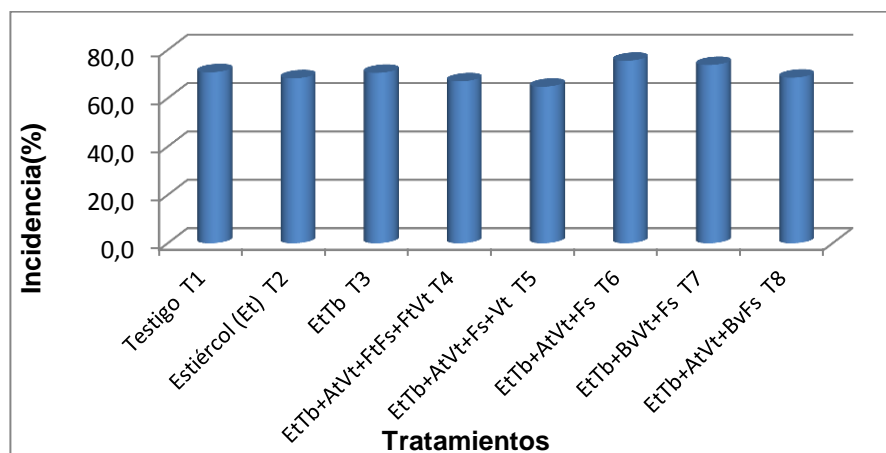


Figura 10. Incidencia de Gorgojo de los Andes en tubérculos de papa por efecto de los bioinsumos agrícolas. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

En la figura 10, se observa alta incidencia del gorgojo de los andes. La estrategia del tratamiento T8 (EtTb+AtVt+BvF5) en el que se incluye el Bioinsecticida Bauvetop líquido el cual fue recomendado para controlar esta plaga no tuvo ningún efecto, ya que no se encontró gorgojos muertos ni parasitados por este hongo, asimismo la presencia cercana de parcelas vecinas podrían ser un foco de contagio y de fácil

ingreso de esta plaga. Al respecto Altieri (1997), señala que las rotaciones se consideran como “orgánicas”, cuando están diseñadas para evitar los factores que predisponen un incremento en los niveles de daño de plagas y enfermedades, evitando cultivos sucesivos de las mismas especies y la proximidad unos de otros para evitar problemas comunes de plagas y enfermedades.

Esprella (1993) indica que, la sucesión de 5 a 8 años de cultivo de cereales después de la papa, controla la densidad poblacional del nematodo quiste de la papa *Globodera pallida*. Al respecto Altieri (1997), coincide y menciona que mientras mayores sean las diferencias botánicas entre los cultivos de secuencia, se puede esperar un mejor control cultural de plagas.

Cabe mencionar que en los tratamientos distribuidos al azar que se encontraban en el borde se observó mayor incidencia de esta plaga probablemente por las parcelas vecinas que presentaron el mismo cultivo de papa y facilitaron el ingreso del gorgojo a la parcela y al tubérculo.

5.3.2 Severidad de Gorgojo de los Andes en tubérculos

Del cuadro del (Anexo 3), para porcentaje de severidad de daño del gorgojo de los andes, existen diferencias significativas por la aplicación de bioinsumos entre bloques atribuibles a la heterogeneidad del terreno. Entre tratamientos no se registraron diferencias estadísticas significativas por efecto de las aplicaciones foliares de los bioinsumos.

En la figura 11, se muestra el promedio de severidad del daño producido por el gorgojo de los andes en los diferentes tratamientos evaluados en los tubérculos después de la cosecha.

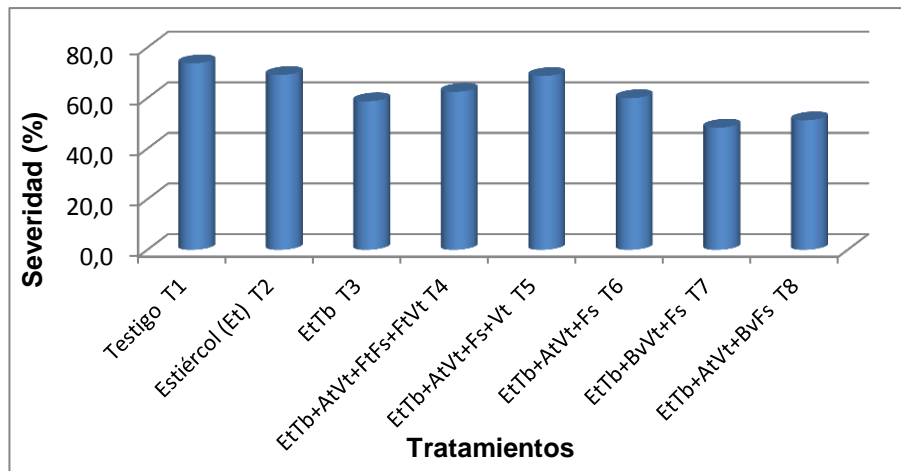


Figura 11. Severidad de Gorgojo de los Andes en tubérculos de papa por efecto de los bioinsumos agrícolas. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

De la figura 11, en general se pudo evidenciar una alta severidad no obstante los tratamientos T7 y T8 presentaron una ligera disminución con 48,3% y 51,25% respectivamente, estos tratamientos recibieron aplicaciones de Bauvetop líquido el cual posiblemente pudo actuar como control preventivo de esta plaga aunque al igual que la incidencia no se observó insectos parasitados con este hongo. Al respecto Ortuño *et al.*, (2010) menciona que Bauvetop es un bioinsecticida, cuyo ingrediente activo es *Beauveria* spp., que es un hongo entomopatógeno nativo que controla plagas como gorgojo.

Limachi (2010), menciona que el control biológico de enfermedades en plantas constituye una estrategia que se basa en la utilización de bioinsumos, fundamentalmente bacterias y hongos, para ser empleados como enemigos naturales de patógenos causantes de infecciones.

Generalmente, el control cultural es de naturaleza preventiva antes que curativa, tiene un efecto prolongado en el tiempo e implica muy poco o ningún aumento en los costos normales de producción, siendo en muchos casos una táctica de propósitos múltiples, como las siembras tempranas, para evitar la mayor incidencia de las plagas, las cosechas oportunas, para escapar al daño o el aporque alto para proteger a los tubérculos (Cisneros, 1995).

5.3.3 Incidencia de la Polilla de la papa en tubérculos

Según el cuadro del Análisis de Varianza (Anexo 3), para la variable incidencia de la polilla de la papa evaluada en tubérculos, se determinó que entre bloques no existen diferencias. Sin embargo entre tratamientos se registraron diferencias significativas. Asimismo el coeficiente de variación está dentro del rango aceptable lo que nos indica la confiabilidad de los datos, por tanto se presenta su respectiva prueba de medias de Duncan a un $\alpha = 0,05$. A continuación se realiza la prueba de medias de Duncan para los tratamientos.

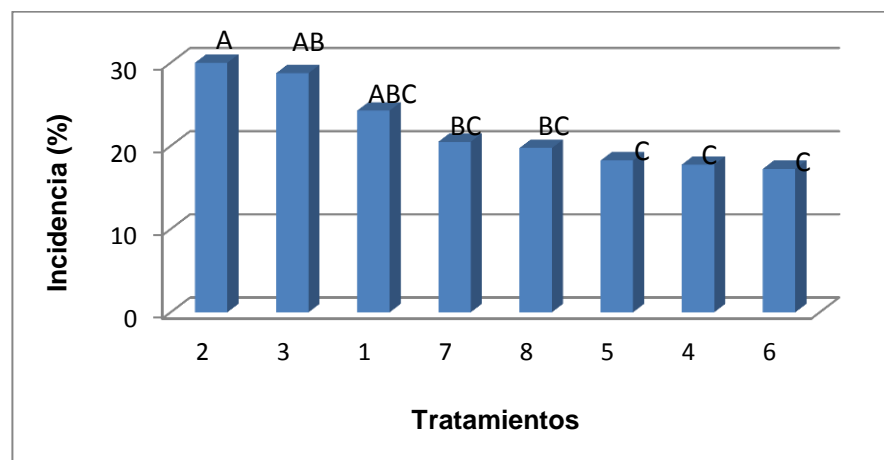


Figura 12. Prueba de medias para incidencia de la polilla de la papa por efecto de los diferentes tratamientos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

Como se aprecia en la figura 12, la prueba de medias para tratamientos muestra que existen diferencias estadísticas significativas entre las diferentes alternativas. Los tratamientos T2 (Estiércol), T3 (Estiércol y Tricobal) y T1 (Testigo) presentaron mayores valores de incidencia de la polilla, siendo estadísticamente superior y diferente a las otras alternativas. Asimismo se observa que la estrategia de bioinsumos combinados en los tratamientos T5 (EtTb+AtVt+Fs+Vt), T4 (EtTb+AtVt+FtFs+ftVt) y T6 (EtTb+AtVt+Fs), resultaron ser estadísticamente similares presentando los promedios más bajos de 18,3; 17,8 y 17,3% respectivamente. La aplicación combinada de Acaritop, Vigortop, Fertisol y Fungitop disminuye la incidencia de la polilla de la papa.

En la figura 13, se presenta los promedios del porcentaje de Incidencia de la polilla de la papa evaluada después de la cosecha.

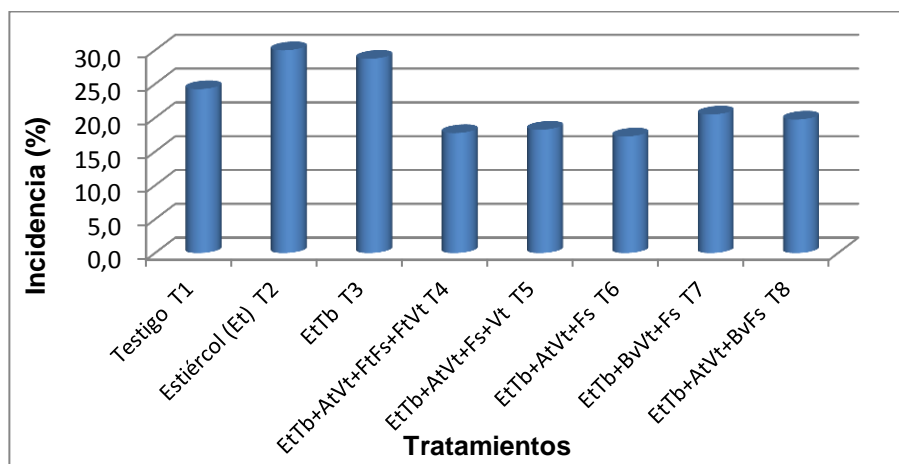


Figura 13. Incidencia de la Polilla de la papa en tubérculos por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

Analizando la figura 13, se observa que la incidencia de polilla de la papa *Phthorimaea operculella* se incrementó en los tratamientos T2 (Estiércol), T3 (Estiércol y Tricobal) y T1 (Testigo) con 30%, 28,8% y 24,3% respectivamente, mientras que los promedios más bajos se presentaron con la estrategia de aplicación de bioinsumos de los tratamientos T6 (EtTb+AtVt+Fs) 17,3%, seguido de T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt) con 17,8%.

Las aplicaciones preventivas de el ecoinsecticida recomendado Acaritop el cual tiene entre sus componentes más importantes caldo sulfocálcico y extracto de locoto, tuvo efecto al disminuir la incidencia de esta plaga en la estrategia de aplicación de bioinsumos del T6, así como la aplicada al T4 y T5, que redujeron el porcentaje de daño causado por esta plaga polilla de la papa, haciendo que no se manifiesten en altas poblaciones, sin embargo no se observó diferencias en los intervalos de aplicación (dde). Al respecto (Oruño, *et al.*, 2010) citado por (IICA y BID, 2013), encontró buen nivel de control de manchas foliares en el cultivo de papa en varias regiones del altiplano y valles con la aplicación de caldos con base en azufre y cobre.

Por su parte Ortuño, *et al.*, (s/f) mencionan que Acaritop se validó para el control de ácaros con agricultores de locoto en la zona de Maica Monte y Corani Pampa (semi

trópico), para Trips en el cultivo de cebolla en Paracaya y la Villa (Valle Alto) y *Epitrix* en el cultivo de papa.

La cosecha a tiempo así como el cuidado en el almacén es también otro factor importante para reducir la incidencia de la polilla. Al respecto Antezana (1996), citado por Rodríguez (2004), recomienda que se debe cosechar inmediatamente después de constatar la madurez fisiológica, esto evita que el daño causado por la larva sea mayor, además de interrumpir el ciclo de vida del insecto. CIP (1994), recomienda cosechar cuando la planta esté madura, no dejar pasar varios días, porque las polillas pueden malograr las papas sanas. Al igual que Torres (1989), recomienda que la cosecha no se deba retrasar pues se corre el riesgo de nuevas infestaciones y una vez que la larva de polilla penetra dentro de la papa, combatirla resulta muy difícil.

Por su parte Silvestre (1997), advierte que la presencia de la polilla de papa en el Altiplano se debe principalmente a la gran capacidad de resistencia que tienen estos insectos en su organismo para adaptarse a climas extremos como es el caso del Altiplano en general. Asimismo Rodríguez (2004), cita a Palacios (1997), aludiendo que las zonas donde se siembra papa una vez al año, la población de la polilla se hace evidente durante la primera etapa del cultivo, alcanza las picadas más altas cuando el cultivo está en tuberización y posteriormente desciende en ausencia del cultivo. Por su parte Cisneros (1995), indica que el periodo más sensible al daño foliar es la fase de tuberización que en algunas variedades suele coincidir con el periodo de floración.

5.3.4 Severidad de la Polilla de la papa en tubérculos

De acuerdo al Análisis de Varianza (Anexo 3), para la variable severidad del daño producido por las polillas de la papa y evaluada en tubérculos, no se registraron diferencias entre bloques. Sin embargo existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Por lo que se realiza a continuación la prueba de medias de Duncan a $\alpha = 0,05$.

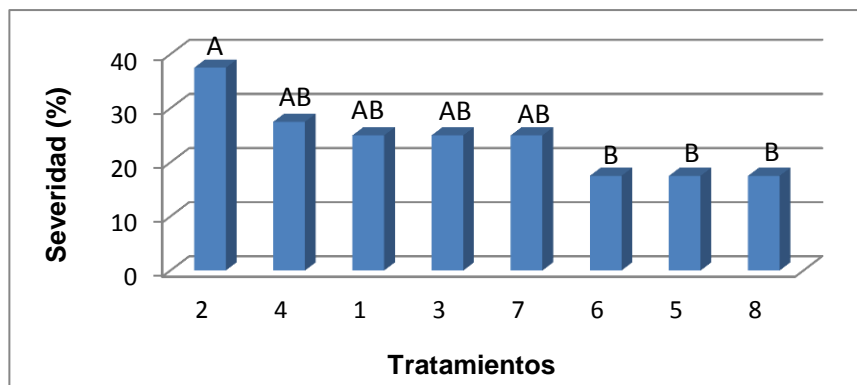


Figura 14. Prueba de medias para porcentaje de severidad de la polilla de la papa por efecto de los diferentes tratamientos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

En la figura 14, se advierte diferencias estadísticas entre las diferentes alternativas de bioinsumos. El tratamiento que presentó el mayor porcentaje de severidad (daño causado al interior del tubérculo) fue el T2(Estiércol), donde se registró un 37,5% de severidad el cual es estadísticamente superior y diferente a las otras alternativas de los tratamientos. También se observa que las estrategias de los tratamientos T6 (EtTb+AtVt+F_s), T5 (EtTb+AtVt+F_s) y T8 (ETTb+AtVt+BvF_s) son estadísticamente similares presentando promedios más bajos de severidad con 17,5% clasificados dentro el índice de daño mediante la escala como tubérculos con daño débil.

En la figura 15, se presenta los promedios de la Severidad del daño al tubérculo producido polilla de la papa.

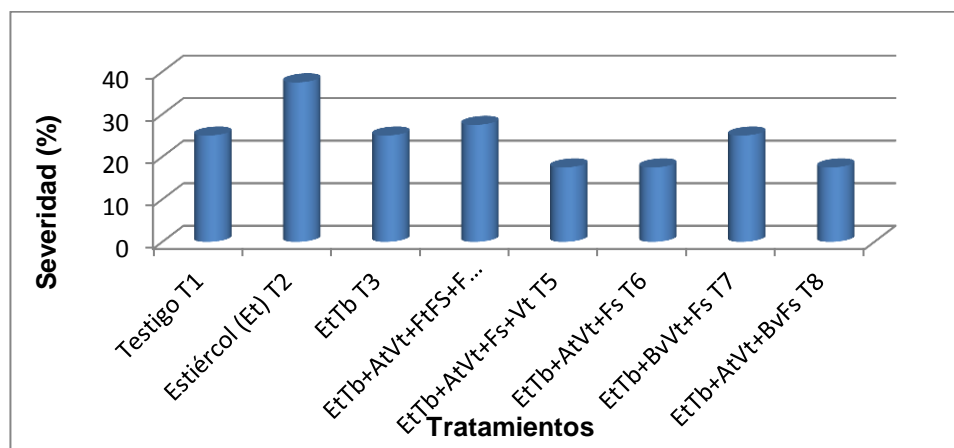


Figura 15. Severidad de la polilla de la papa por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

De la figura 15, se observa que el T2 (Estiércol) registró mayor intensidad de daño al tubérculo con 37,5% el cual es clasificado dentro el índice de daño mediante la escala como tubérculos con daño fuerte. Probablemente se deba a la temperatura y las características del suelo que presenta rajaduras y grietas que además facilitan el ingreso de las polillas al tubérculo. Al respecto (Zanabria y Banegas, 1997), mencionan que el suelo y la humedad, influyen marcadamente en la abundancia e infestación de polillas; debido a que en suelos pesados ante la ausencia de una adecuada humedad tienden a formar grietas, que facilitan la oviposición en los tubérculos expuestos, además dificultan los aporques adecuados debido a la formación de terrones que son lugares de refugio para los adultos.

Asimismo los menores porcentajes de severidad de esta plaga se registraron en los que se aplicó diferentes combinaciones de bioinsumos como es el caso de la estrategia de los tratamientos T5 (EtTb+AtVt+Fs+Vt), T6 (EtTb+AtVt+Fs), y T8 (ETTb+AtVt+BvFs) con 17,5% clasificándose dentro la escala como tubérculos con daño débil, lo que demuestra la efectiva acción del bioinsecticida Acaritop combinado con Vigortop y Fertisol.

Figuroa (2004), cita a Gamboa y Notz (1996), quienes concluyen que *P. operculella* es una especie que se adapta mejor a condiciones poco favorables como zonas paperas andinas con temperaturas promedio por debajo de 20°C.

En el almacén el daño a los tubérculos es severo, las larvas ingresan por las yemas barrenan y realizan galerías donde depositan sus excrementos, éstas pueden salir e infestar otros tubérculos, El tubérculo dañado adquiere un sabor amargo y se arruga perdiendo su valor comercial. Cuando se corta una papa dañada se pueden encontrar pupas y larvas de diferentes estadios (Cisneros, 1988).

5.3.5 Incidencia de la Pulguilla saltona en tubérculos

El análisis de varianza del tubérculo por el ataque de la pulguilla saltona (Anexo 3), no presenta diferencias estadísticas significativas por efecto de los bloques y los tratamientos.

En la figura 16, se presenta la Incidencia de la pulguilla saltona (*Epitrix spp*) evaluada en tubérculos después de la cosecha.

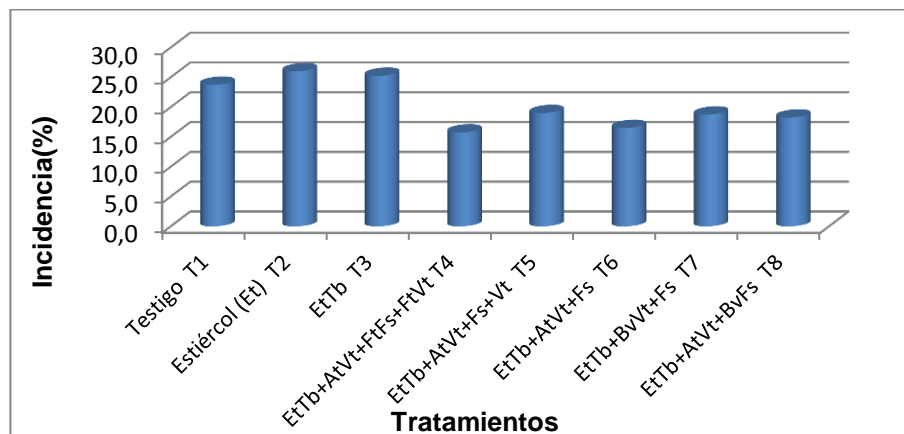


Figura 16. Incidencia de la Pulguilla saltona en tubérculos de papa por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

De la figura 16, en forma general se observó mayor incidencia en los tratamientos T2 (Estiércol), T3 (Estiércol y Tricobal) y T1 (Testigo) con 26, 25,3 y 23,8% respectivamente; estos tratamientos no recibieron aplicaciones foliares preventivas de bioinsecticidas ni biofertilizantes. Comparando el efecto de los bioinsumos con los que no recibieron aplicación foliar para el control de plagas T1, T2 (Et), T3 (EtTb), se puede decir que en general todos presentan diferencias numéricas en relación a los tres tratamientos mencionados. Sin embargo esta se hace más evidente en la estrategia de aplicación de bioinsumos de los tratamientos T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt) y T6 (EtTb+AtVt+Ft) que son los que registraron tener mejor control del porcentaje de incidencia de la pulguilla saltona *Epitrix spp*.

De forma general se asume que los tratamientos aplicados con el ecoplaguicida Acaritop mostraron la mejor efectividad en el control de *Epitrix spp* con un 15,8% en comparación con los tratamientos que no recibieron aplicación. Al respecto (Ortuño *et al.*, 2010) menciona que, Acaritop es un eco-insecticida que actúa por contacto controlando plagas en la superficie de las plantas. Este mismo autor menciona que en Pairumani, se implementó un ensayo experimental con el cultivar Century con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los resultados muestran que tanto los biopreparados

Acaritop como el producto comercial tuvieron un control eficiente de las plagas de la cebolla.

5.3.6 Severidad de la Pulguilla saltona en tubérculos

Según el Análisis de Varianza del (Anexo 3), para la evaluación del porcentaje de severidad de la pulguilla saltona en tubérculos de papa, existen diferencias estadísticas significativas solo para el factor bloques, no registrándose diferencias para tratamientos.

En la figura 17, se presenta los promedios del porcentaje de severidad de la pulguilla saltona (daño causado al interior del tubérculo) en el cultivo de papa.

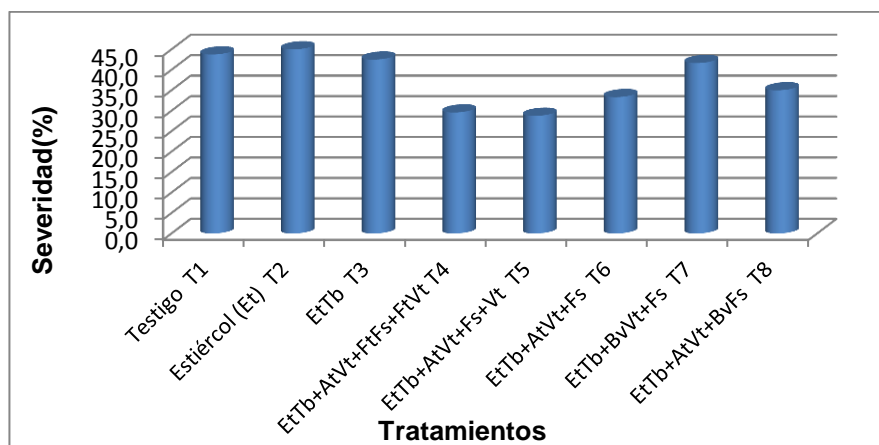


Figura 17. Severidad de la Pulguilla saltona en tubérculos de papa por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

Observando la figura 17, para la evaluación de la intensidad de daño causado por la pulguilla se pudo evidenciar la disminución del porcentaje de severidad en la estrategia de aplicación de bioinsumos de los tratamientos T5 (EtTb+AtVt+Fs+Vt), T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt) y T6 (EtTb+AtVt+Fs). Asimismo se observó que los tratamientos T2, T1, T3 y T7 registraron mayor daño en el tubérculo.

Probablemente la aplicación del foliar del ecoplaguicida (Acaritop) que se utilizó en estos tratamientos logró disminuir la severidad en el tubérculo de papa el cual es recomendado para el control de esta plaga que ataca mayormente las hojas y causa pérdidas en los rendimientos de este cultivo. Sin embargo estos tratamientos además

recibieron aplicaciones de biofertilizantes los que pudieron actuar logrando vigor en las plantas y resistencia contra este insecto. Al respecto (Ortuño *et al.*, 2010) menciona que, Acaritop se validó para control de ácaros con agricultores de locoto en la zona de Maica Monte y Corani Pampa (semi trópico de Colomi), para Trips en cultivo de cebolla en Paracaya y La Villa (Valle Alto), y Eptirix en el cultivo de papa.

El piqui-piqui toma mucha importancia en años secos, alcanzando poblaciones altas que afectan la capacidad de fotosíntesis de la planta afectando la cosecha, y obligando a los agricultores a utilizar insecticidas. Las larvas pueden afectar severamente la calidad del tubérculo (Gandarillas y Ortuño, 2009).

5.4 Evaluación del efecto de los bioinsumos agrícolas sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

5.4.1 Propiedades Físicas.

a) Textura

La clase textural al que corresponde este suelo es de tipo franco limoso el cual se considera apto para el desarrollo del cultivo Al respecto PROINPA (1998), menciona que los mejores suelos para el cultivo de papa son los franco arenosos y franco limosos. Pardave (2004), coincide al indicar que se logran mejores rendimientos en suelos franco arenosos ya que permiten un buen desarrollo radicular.

b) Densidad Aparente.

En el Análisis de Varianza para densidad aparente (Anexo 3), no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre bloques es decir no existió variaciones en el área experimental ni entre la alternativa de los tratamientos, encontrándose una similitud entre estos. Sin embargo existieron diferencias altamente significativas para las fechas de muestreo.

Se presenta la prueba de medias de Duncan a $\alpha = 0,05$ en la figura 18.

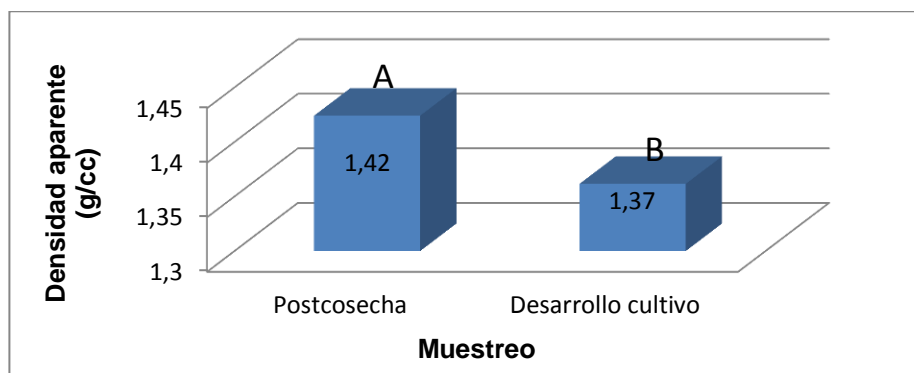


Figura 18. Prueba de medias de Duncan (5%), para la Densidad Aparente por efecto de las fechas de muestreo, Desarrollo del cultivo (inicio de floración) y Postcosecha (60 días después de la cosecha).

La figura 18, presenta los resultados obtenidos de la prueba Duncan, entre los promedios de Densidad aparente durante el desarrollo del cultivo y postcosecha, en los que se observan dos grupos estadísticamente diferentes, el primero con densidades de 1,37 g/cc y el segundo con 1,42 g/cc respectivamente. Esta diferencia y ligero incremento para la postcosecha podría atribuirse al pisoteo generado al aplicar los diferentes bioinsumos y al manejo del cultivo. La siguiente figura muestra la densidad aparente en estas dos fechas de muestreo para todos los tratamientos.

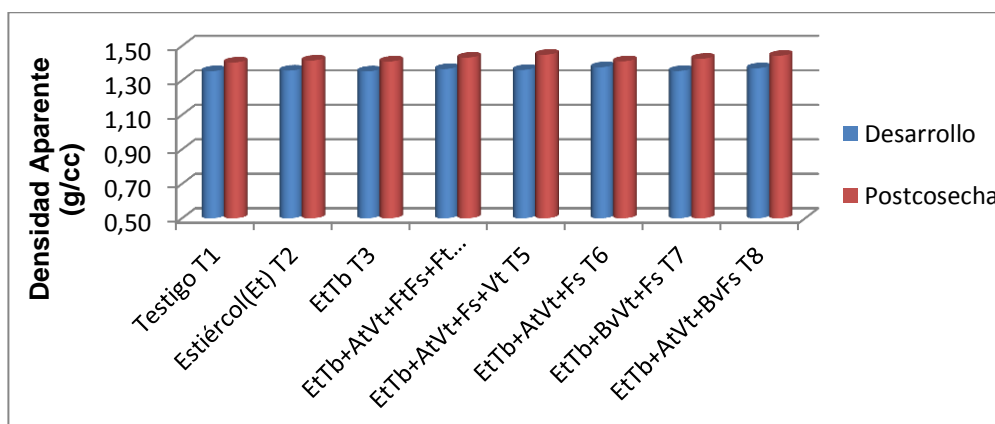


Figura 19. Densidad Aparente durante el desarrollo del cultivo (inicio de floración) y postcosecha (60 días después de la cosecha). Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

Analizando la figura 19, se observa que la densidad aparente durante el desarrollo del cultivo y postcosecha no presento diferencias estadísticas en esta campaña

agrícola, probablemente por la poca cantidad de estiércol (3 T/ha), y Tricobal (2kg/ha) aplicado directamente al suelo, porque esta propiedad es afectada generalmente por el manejo mecanizado o muy tecnificado del suelo y por qué los demás bioinsumos fueron aplicados foliarmente. Al respecto Conti (2005) señala que, la Dap depende de la Densidad real o de las partículas y de la ordenación de estas en el espacio formando agregados de todo tipo, varía con la textura, estructura, materia orgánica y manejo del suelo.

Se registraron densidades de 1,37 g/cc durante el desarrollo del cultivo y 1,42 g/cc a la postcosecha, este ligero incremento es atribuible al pisoteo que se tuvo en la parcela durante las aplicaciones de los bioinsumos, las labores culturales y la lenta descomposición del estiércol incorporado a la parcela. Así mismo Herrera (2009), al aplicar abonos orgánicos y químicos en el altiplano no encontró diferencias significativas en la densidad aparente del suelo, obteniendo resultados en el Testigo de 1.66, y 1.21 g/cc; Estiércol ovino 1.60 g/cc, 1.38 g/cc. Estiércol Bovino 1.62 g/cc, 1.39 gr/cc para el desarrollo y postcosecha respectivamente.

El abonamiento de cultivos es un principio fundamental en la agricultura andina, que consiste en aplicar insumos orgánicos disponibles en la chacra, estos pueden ser: estiércol de ganado, materia orgánica compostada, abonos verdes, combinados con rotaciones de cultivos bien acertadas y descanso de la tierra para regenerar la fertilidad del suelo (Tapia, 2002).

Una vez que el estiércol ha sido incorporado al suelo, se debe esperar un tiempo para su descomposición y estabilización antes de que el cultivo sea establecido; de esta manera, para garantizar la disponibilidad de nutrientes durante los primeros estados de desarrollo del cultivo. Al respecto Condori (2004), recomienda la incorporación del estiércol con 6 meses de anticipación a la siembra de papa (Marzo a Mayo). Por su parte, AGRUCO (1986) citado por Callizaya (1998), indica que esta práctica debe realizarse en los meses de Enero a Febrero, es decir, entre 8 a 9 meses antes de la siembra.

c) Humedad gravimétrica (HG).

El análisis de varianza (Anexo 3), para la humedad del suelo evaluado a los 24, 44 y 64 dde resultó no significativo para bloques; Sin embargo para tratamiento e interacción de las muestras por tratamiento fue significativa. Para fechas de muestras resultó altamente significativo, por lo tanto se presenta la prueba de medias de Duncan a un nivel $\alpha = 0,05$ para estas tres fechas de muestreo.

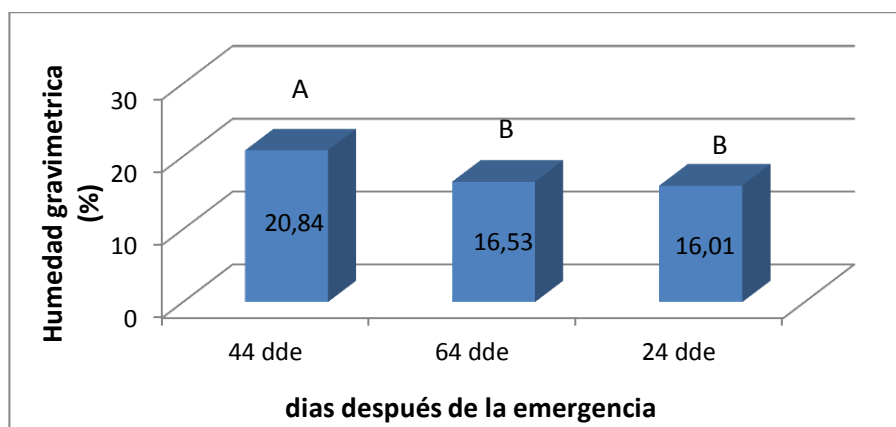


Figura 20. Prueba de medias para humedad gravimétrica del suelo por efecto de las fechas de muestreo (24, 44 y 64 dde).

Los resultados de la prueba Duncan y la figura 20, muestran dos grupos estadísticamente diferentes. El primero está conformado por la segunda fecha de evaluación (44 dde) con 20,84% y el segundo conformado por la tercera (64 dde) y primera (24 dde) fecha de evaluación con 16,53 y 16,01% de (HG) respectivamente.

Esta diferencia es consecuencia de la precipitación pluvial, donde se puede observar que en los meses de mayor precipitación se encontró mayor contenido de agua en el suelo (HG).

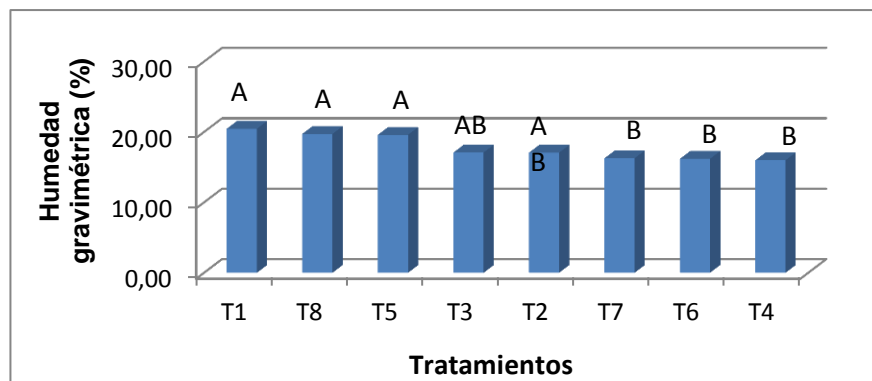


Figura 21. Prueba de medias para Humedad gravimétrica en el cultivo de papa por efecto de los diferentes tratamientos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

Las diferencias significativas entre los tratamientos se presentan en un rango menor al 5%, lo cual puede deberse a la heterogeneidad del suelo, debido a que anteriormente el contenido de materia orgánica no era homogénea en toda la superficie del ensayo. Además el contenido de humedad es una propiedad muy variable en el tiempo y en el espacio.

La interacción del muestreo y los tratamientos resulto significativo (Anexo 3), en el ANVA de efectos simples del muestreo para la humedad del suelo, en el que se observo un efecto significativo de los tratamientos para las fechas de muestreo (24, 44 y 64 dde).

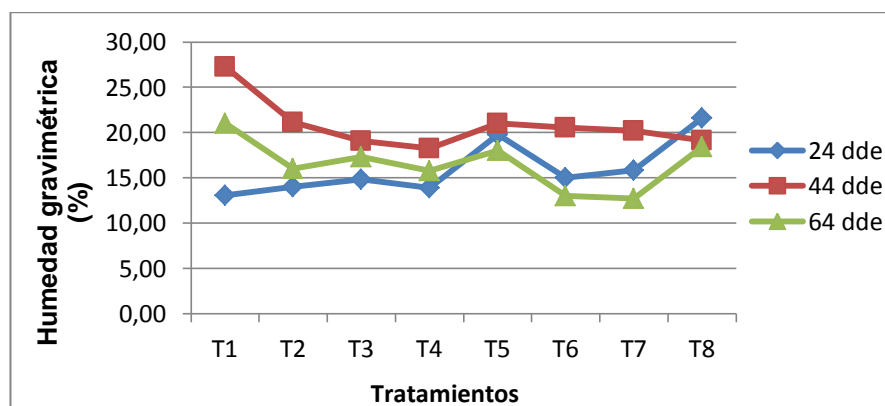


Figura 22. Interacción entre las fechas de muestreo (24, 44 y 64 dde) y los tratamientos

En la figura 22, se observa que la humedad del suelo para la primera lectura a los 24 dde fue baja y ocurrió cuando la planta formaba estolones.

Para la segunda fecha de evaluación (44 dde) y a diferencia de la primera fecha se observó que la humedad se incrementó considerablemente y la mayor capacidad de retención de agua se registró en esta lectura llegando hasta 27,3% de (HG). Probablemente se deba a la precipitación pluvial registrada en el mes de febrero que es la mayor precipitación encontrada en todo el ciclo del cultivo. Al respecto Parra (1998), señala que el contenido de agua en el suelo se encuentra íntimamente relacionado a las condiciones ambientales, tomando en cuenta principalmente la ocurrencia y distribución de las precipitaciones pluviales.

Para la tercera fecha de evaluación (64 dde) el T1 presentó mayor retención de humedad en el suelo con 21% atribuibles a la heterogeneidad del terreno y se observó en general que la humedad gravimétrica disminuyó lo que también coincide con la disminución de la precipitación pluvia. Al respecto Ratto (2005) menciona que, la distribución de agua en el suelo no es homogénea, este depende de la velocidad de infiltración, capacidad de campo después de la lluvia o irrigación, contenido de materia orgánica, textura, densidad aparente y la topografía del suelo que hacen que las lluvias ocasionen la mojadura del suelo.

En general la humedad gravimétrica tiene relación directamente proporcional a la precipitación pluvial registrada durante el ciclo del cultivo como se observó en la figura 2 de precipitación.

Asimismo se observó en promedio que la humedad registrada fue baja para todo el ciclo del cultivo. En este sentido Barrera (2001), indica que la cantidad de agua en el suelo afecta en la producción de la papa, pues esta influye en diversos procesos fisiológicos, principalmente en el crecimiento fotosíntesis y absorción de nutrientes.

e) Porosidad

Del Análisis de varianza para la variable porosidad del suelo (Anexo 3), se registraron diferencias significativas solo para el factor muestras evaluadas durante el desarrollo de cultivo y postcosecha; no encontrándose diferencias significativas entre bloques ni

tratamientos. A continuación se presenta en la figura 23, la prueba de medias de Duncan a $\alpha = 0,05$ por efecto de las fechas de muestreo.

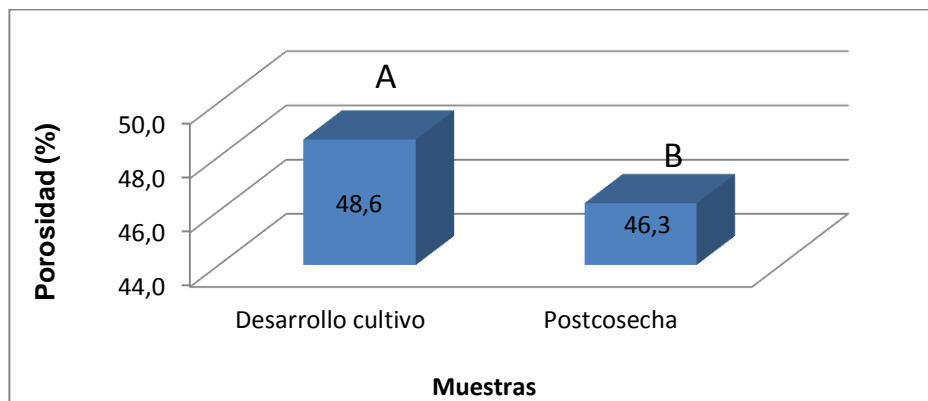


Figura 23. Comparación de medias para Porosidad por efecto de las fechas de muestreo Desarrollo del cultivo (inicio de floración) y Postcosecha (60 días después de la cosecha).

Los resultados de la prueba Duncan de la figura 23, reflejan diferencias entre las dos fechas de muestreo. Durante el desarrollo del cultivo, se registró en promedio porosidades de 48,6 % y después de la cosecha se obtuvieron promedios de 46,3 %. Estas variaciones son consecuencia de las actividades realizadas en la parcela y tienen relación inversamente proporcional con la Dap.

En la figura 24, se aprecia el comportamiento de la porosidad del suelo en todos los tratamientos.

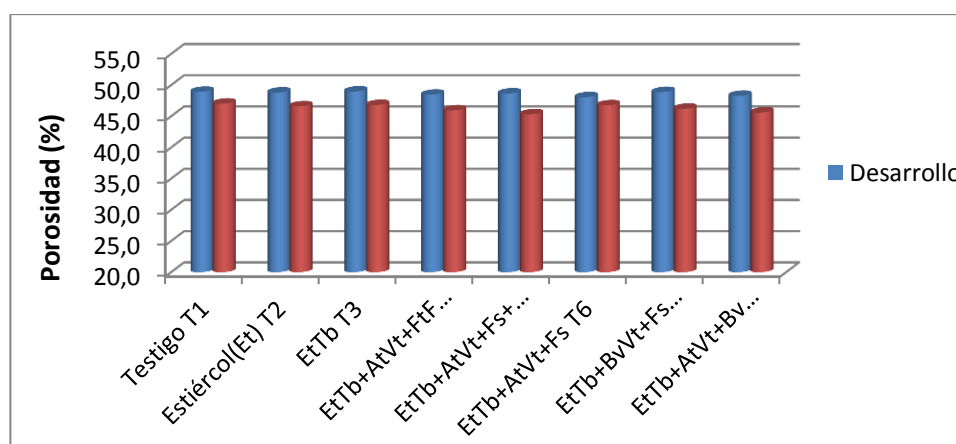


Figura 24. Porcentaje de Porosidad durante el desarrollo del cultivo (inicio de floración) y postcosecha (60 días después de la cosecha) del cultivo de papa. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

La figura 24, muestra que en la evaluación durante el desarrollo del cultivo la porosidad se presenta con valores muy similares en los tratamientos obteniendo como promedio 48,6 %, en general se observó niveles de porosidad atribuibles a la incorporación de estiércol y materia orgánica en pasadas gestiones. Al respecto Conti (2005), señala que la materia orgánica tiende a equilibrar el sistema poroso, en suelos arcillosos tiende a aumentar los mesoporos y en arenosos los microporos. Sin embargo, Cora *et al* (1994), menciona que la materia orgánica produce cambios en la densidad aparente debido al aumento de volumen del suelo y proporcionalmente al aumento de la porosidad del suelo.

Lamas y Moreno (2005) citado por Tangara (2007), indican que la materia orgánica reduce la densidad aparente del suelo en dos sentidos: por su composición ya que tiene menor densidad y porque favorece la agregación de las partículas aumentando la porosidad total.

Contrariamente al primer muestreo la porosidad post cosecha presenta una ligera disminución (46,3 %) debido a la compactación que sufre el suelo por la aplicación foliar de los bioinsumos. La porosidad tiene relación inversa con la densidad aparente, estableciendo que mientras los valores de la porosidad disminuyen la densidad aumenta y viceversa. Por su parte Herrera (2007), en un trabajo realizado en el Altiplano norte de La Paz encontró una porosidad de 39.5% con la aplicación de 10 t/ha de estiércol.

Entre las labores culturales que mejoran la porosidad y aireación del suelo está el aporque que se realiza con frecuencia de dos para todo el ciclo del cultivo; En esta investigación se realizó solo un aporque al cultivo. Al respecto Miranda (2003), menciona que una buena aireación favorece la transformación de nitrógeno de la materia orgánica del suelo, por los microorganismos, el grado de aireación está determinado por la textura, el drenaje y por las labores del cultivo que sobre él se desarrollan.

El comportamiento similar de la porosidad igual que la Dap, en general se puede atribuir a la lenta descomposición del estiércol y activación del tricobal, el poco efecto

de las aplicaciones foliares de bioinsumos (Vigortop y Fertisol) y las labores en el cultivo que no produjeron cambios en las propiedades físicas del suelo.

5.4.2 Propiedades Químicas.

A continuación se presenta los resultados del análisis químico del suelo (N, P, K, CIC y pH) para los distintos tratamientos, el cual se detalla en el (Anexo 5). La interpretación de estos valores se realizó a partir de cuadros (Anexo 4).

Cuadro 2. Valores promedios de los elementos químicos del suelo, evaluados durante el desarrollo del cultivo de papa.

Tratamientos	Nitrógeno Total (%)	Fosforo Asimilable (ppm)	Potasio (meq/100g S ^o)	CIC Meq/100g S ^o	pH en agua 1:5
T1 Testigo	0,12	9,24	2,29	16,61	7,25
T2 Estiércol (Et)	0,11	9,02	2,30	18,00	7,18
T3 EtTb	0,12	8,21	2,29	17,23	7,42
T4 EtTb+AtVt+FtFs+FtVt	0,10	10,25	1,77	14,90	6,89
T5 EtTb+AtVt+Fs+Vt	0,11	7,27	2,74	19,34	7,61
T6 EtTb+AtVt+Fs	0,12	10,31	1,85	15,55	7,13
T7 EtTb+BvVt+Fs	0,12	8,78	2,55	17,42	7,36
T8 EtTb+AtVt+BvFs	0,14	9,47	1,82	15,51	7,12

Fuente: Laboratorio del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (2011).

a) Nitrógeno Total (NT)

El análisis químico del suelo respecto al nitrógeno total evidenció que los tratamientos no experimentaron cambios considerables. El mayor porcentaje de NT se registró con la estrategia del tratamiento T8 con 0,14% y el menor en T4 con 0,10%. Al respecto Chilon (1997), sostiene que estas cantidades y considerando globalmente las concentraciones de nitrógeno total para todas las estrategias de los tratamientos se califican como medio.

Estos valores medios de NT pudieron repercutir en el crecimiento vegetativo de las plantas, motivo por el que no se vieron alturas significativas. Al respecto (Pardavé,

2004) menciona que la presencia de nitrógeno es importante para la absorción de otros nutrientes, favorece al crecimiento vegetativo y permite la generación de áreas fotosintéticas (hojas). Por su parte Tangara (2007), en un estudio realizado en el altiplano central encontró niveles bajos de NT al comparar fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

Alguna parte del nitrógeno es posible que se haya perdido por volatilización y lixiviación con las temperaturas durante los días de sol y el tipo de suelo. Al respecto Paul y Clark (1996), mencionan que la mineralización del nitrógeno puede llevar a pérdidas por volatilización y lixiviación así como posible inmovilización por los microorganismos o por retención en las arcillas.

Por otro lado se evidenció que el T4 presentó menor contenido de NT, mayor altura de planta y mayores rendimientos en relación a los demás tratamientos. Este bajo promedio encontrado de NT se atribuye a la extracción de nitrógeno asimilable por la planta, aspecto similar fue detectado en la evaluación de los demás parámetros del suelo. Por su parte Guerrero (1993), señala que las reducciones de nitrógeno en el suelo, se pueden atribuir a pérdidas por absorción de plantas y microorganismos del suelo. Al respecto Pardave (2004), menciona que el N se constituye en el elemento más importante en la formación de proteínas y en la generación de grandes áreas fotosintéticas (tallos y hojas).

El estiércol y el tricobal aplicado como base al suelo y los demás bifertilizantes aplicados foliarmente a la planta no presentaron efectos en ninguno de los tratamientos ni respecto del testigo. Por otro lado (Oruño, *et al.*, 2010) citado por (IICA y BID, 2013) mencionan que para mejorar la fertilidad del suelo, se dispone del Fertitrap y Micobac (combinación de *bacillus subtilis* y micorrizas) que es parte de la composición del Tricobal. Al respecto Sánchez (2003), menciona que el estiércol es una excelente fuente de materia orgánica, pero es relativamente bajo en nutrientes.

Monedero (2004) menciona que, la relación carbono nitrógeno de los residuos uránicos influyen decisivamente en la retención o no del nitrógeno, esta se encuentra

relacionada con la relación carbono nitrógeno del mismo cuando entra en contacto con los microorganismos del suelo.

b) Fosforo (P)

De acuerdo a información obtenida de laboratorio y reflejada en el cuadro 2, demuestra que los tratamientos T6 y T4 proporcionan mayor cantidad de fosforo con 10,31 y 10,25 ppm. respectivamente.

De manera general todos los tratamientos corresponden a un valor bajo según Pardavé (2004) (Anexo 4), atribuible al manejo del suelo en gestiones pasadas, manejo agronómico y a la etapa de muestreo. Al respecto Ortuño *et al.*, (2009), menciona que en general, un contenido de Fósforo por debajo de 20 ppm se considera bajo. Esto es corroborado por Domínguez (1978) quien indica que contenidos de fósforo por debajo de 30 ppm, son considerados bajos.

Sin embargo en estos tratamientos con mayores contenidos de fósforo asimilable T4, T6 se reportaron importantes rendimientos. Al respecto (Oruño, *et al.*, 2010) citado por (IICA y BID, 2013) mencionan que con el interés de aplicar fuentes fosfóricas y de nitrógeno al suelo por vía foliar se hicieron pruebas con mezclas líquidas de estiércol, chancaca, microorganismos eficientes y roca fosfórica; después de de varios ensayos se formuló el ecofertilizante. Por su parte Tangara (20007), en un estudio en el altiplano central encontró el mejor contenido de fósforo con la aplicación de estiércol de ovino y biofert (124 ppm) y el más bajo en el testigo (sin alternativa).

El fosforo es necesario esencialmente en la primera etapa del desarrollo del cultivo (Montaldo, 1984) pues favorece el desarrollo del sistema radicular y acelera la maduración de tubérculos (Pardavé, 2004). Así mismo Pardave (2004), señala que el fosforo participa activamente en el metabolismo de los hidratos de carbono, formación de clorofila para el proceso fotosintético favorece el desarrollo radicular y acelera la maduración de los tubérculos. Se reporta también que el fosforo incrementa el número de tubérculos por planta.

Este bajo contenido de fósforo puede atribuirse a la absorción de las plantas y a la falta de mejora en las propiedades del suelo. Al respecto Fassbender (1982), señala que, la disminución del fósforo en el suelo puede deberse a la absorción por las plantas y a posibles pérdidas por percolación en el suelo por efecto de las precipitaciones y a consecuencia de una mala estructuración.

c) Potasio (K)

Del cuadro 2, se aprecia que el mayor contenido de potasio en el suelo se encontró en el tratamiento T5 en una cantidad de (2,74 meq/100g de suelo), y como se observó en NT el menor contenido de K fue registrado en el T4 (1,77 meq/100g de suelo). Sin embargo en general todos los promedios están en niveles muy bajos no encontrándose cambios en los niveles de K en el suelo por efecto de la aplicación de las alternativas ni respecto al testigo. Así mismo Pardavé (2004), indica que este valor reportado se encuentra dentro del rango muy bajo (Anexo 4).

De lo observado se puede indicar que este bajo nivel de K se deba a los bajos niveles de materia orgánica en los suelos del altiplano así como del poco efecto del tricobal, vigortop y fertisol. Al respecto Fassbender (1978) afirma que, las mayores dosis de aplicación de materia orgánica al suelo repercuten en un mayor incremento de potasio en la capa arable. También es importante señalar que la rotación de cultivos y descanso de las parcelas favorece su incremento en la capa arable del suelo. Al respecto Bukman (1991), señala que los aspectos que parecen influir en la disponibilidad de K es la rotación cultural, ya que hay cultivos que absorben más K que otros.

Guerrero (1996), indica que este nutriente disminuye la transpiración por lo que la planta es más resistente a la sequía y aumenta la resistencia a las heladas al elevar el contenido de la savia en elementos minerales. Para Pardavé (2004), el potasio tiene una fuerte influencia en la textura, coloración y sabor de la papa. Como también en la conservación de esta dando más firmeza a la piel y resistencia a los golpes.

d) Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Como se puede ver en el cuadro 2, la CIC no presentó cambios por efecto de la estrategia de aplicación de los tratamientos ni en relación al testigo T1. Los mayores valores se registraron en T5 con 19,34 meq/100g de S, seguido de T2 con un valor de 18,00 meq/100g de S, contrariamente se observó también que la estrategia del T4 fue el que registró menor CIC con 14,90 meq/100 g de S, esta tendencia se viene observando también en los otros parámetros donde presenta valores bajos.

Sin embargo todos los valores obtenidos en este suelo para la CIC en todos los tratamientos se encuentran catalogados como medio (Anexo 4) según Chilon (1997). Esto podría atribuirse al bajo nivel de estiércol y tricobal incorporado y a la actividad de los microorganismos lo cual podría ser la razón por la que no se hayan visto efectos de importancia en la CIC. Al respecto Bohorquez (2001) y Labrador (1996), señalan que el valor de la CIC está en directa relación con la presencia de materia orgánica y arcilla, es así que la CIC aumenta a medida que aumenta la cantidad de materia orgánica y arcilla.

En la CIC influyen no solo el contenido de materia orgánica sino el de arcilla y la naturaleza de los minerales que la constituyen (FAO, 1998).

e) pH

Del cuadro 2, observando los promedios generales de los pHs del suelo se aprecia que en la estrategia de aplicación de bioinsumos en los tratamientos T1, T2, T4, T6, T7, T8 los valores del pH se clasifican como Neutros; Sin embargo en los tratamientos T3 y T5 se clasifican como Medianamente Alcalinos (Anexo 4) según Chilon (1997). Al respecto Bohn (1993) señala que, la materia orgánica en el suelo amortigua el pH del mismo modo en los límites entre ligeramente ácido, neutro y alcalino.

Los valores de pH no se vieron afectados por los diferentes tratamientos, o por los productos aplicados en el estudio y no experimentaron cambios de consideración durante el ciclo del cultivo. Sin embargo estas pequeñas diferencias observadas se atribuyen también a las diferencias en el contenido de agua en el suelo. "Cuanto

mayor es el agua en el suelo mas se eleva el pH. Este efecto de dilución se origina porque al aumentar la cantidad de solvente, se diluyen los iones H^+ disminuyendo su actividad” (Gonzales, *et al.*, 2005).

Estos valores registrados son adecuados para el desarrollo del cultivo de papa. Al respecto Pardave (2004), señala que el cultivo se desarrolla adecuadamente en suelos con un rango de pH de 5.5 a 8.0. Guerrero (1991), sostiene que, agronómicamente la mayoría de elementos esenciales y de cultivos se comportan bien a pH entre 5.5 y 6.7 y que probablemente el pH óptimo está entre 6.2 y 6.5. El ICA (1992) reporta algunos rangos de tolerancia de pH para algunas plantas de cultivo así:

Plantas con rango entre 4.8 y 5.5: Piña, yuca, papa, pastos, braquiaria y puntero.

Plantas con rango de pH entre 5.6 y 6.4: Arroz, maíz, tomate, trigo, fríjol.

Plantas con rango de pH entre 6.5 y 7.3: Alfalfa, trébol, algodón, coliflor, caña de azúcar.

5.4.3 Propiedades Microbiológicas (Microorganismos del Suelo)

a) Bacterias Totales

De acuerdo al ANVA (Anexo 3), para bacterias totales del suelo esta resultó ser no significativa para bloques, tratamientos y la interacción fecha por tratamiento asumiendo que las poblaciones bacterianas en papa no fueron afectadas por los tratamientos. Sin embargo para fechas de muestreo (30, 60 y 90 dds) resultó ser significativo, las (UFC) fueron diferentes en al menos uno de los muestreos.

En la figura 25, se presenta el comportamiento de las bacterias del suelo durante el desarrollo del cultivo de papa en base a las tres fechas de muestreo 30, 60 y 90 días después de la emergencia (dde).

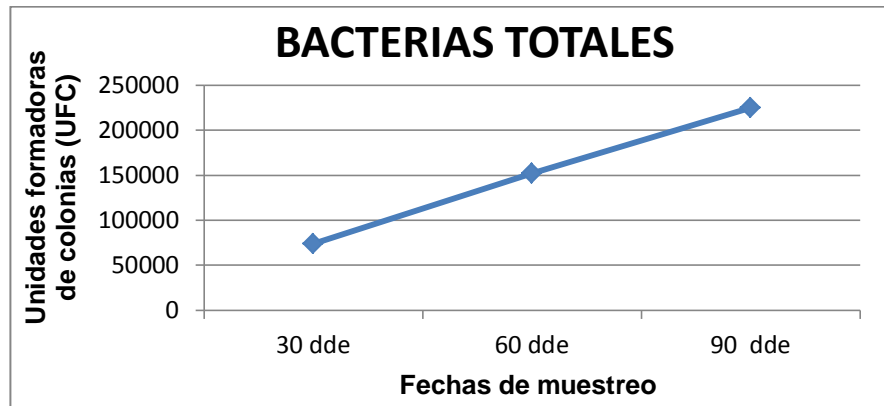


Figura 25. Unidades Formadoras de colonias (UFC) de bacterias totales por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

La figura 25, nos muestra que las poblaciones bacterianas incrementaron significativamente hasta el tercer muestreo, es decir, hasta el momento de la cosecha. Sin embargo las bacterias se presentaron en concentraciones bajas dadas a las mismas condiciones de clima y bajo contenido de materia orgánica. Al respecto Killian, (2001) indica que la cantidad de bacterias a encontrar depende de muchos factores como son: la temporada, el tipo de suelo, la vegetación, el contenido de humedad, el tipo de labranza y fertilización.

Existe una gran diversidad de microorganismos que viven en el suelo. El número y tipos de microorganismos presentes en el suelo dependen de diversos factores ambientales como son los nutrientes, humedad, aireación, temperatura, pH, prácticas agrícolas, etc. Existen del orden de varios miles de millones de bacterias por gramo de suelo. La mayor parte son heterótrofos, siendo comunes los bacilos esporulados, los actinomicetos que son los responsables del olor a tierra mojada, y en la rizósfera (región donde el suelo y las raíces de las plantas entran en contacto) especies de los géneros *Rhizobium* y *Pseudomonas* (Mateos, 2000). Citado por Ortuño, et al., s/f).

Orsag (1989), menciona que el agua al ser uno de los factores limitantes en el Altiplano, está ligada al suelo desde la meteorización del material parental, hasta la

formación del suelo, influyendo sobre la vida, la actividad microbiana, régimen térmico y aéreo del suelo.

Por otra parte las bacterias en general se presentaron en mayor cantidad que los hongos. A lo que Glick (1995), coincide señalando que la abundancia de bacterias en comparación con otros microorganismos se debe a su rápido crecimiento y la habilidad que presentan de utilizar un amplio rango de sustratos como fuentes de carbono o nitrógeno.

b) Hongos Totales

De acuerdo al ANVA del anexo 3, para hongos totales, esta resultó ser no significativa para bloques, tratamientos y la interacción fecha por tratamiento asumiendo que las poblaciones de hongos tampoco fueron afectadas por los tratamientos. Sin embargo para fechas de muestreo (30, 60 y 90 dds) resultó ser significativo, las (UFC) fueron diferentes en al menos uno de los muestreos.

En la figura 26, se presenta el comportamiento de los hongos del suelo durante el desarrollo del cultivo de papa en base a las tres fechas de muestreo 30, 60 y 90 días después de la emergencia (dde).

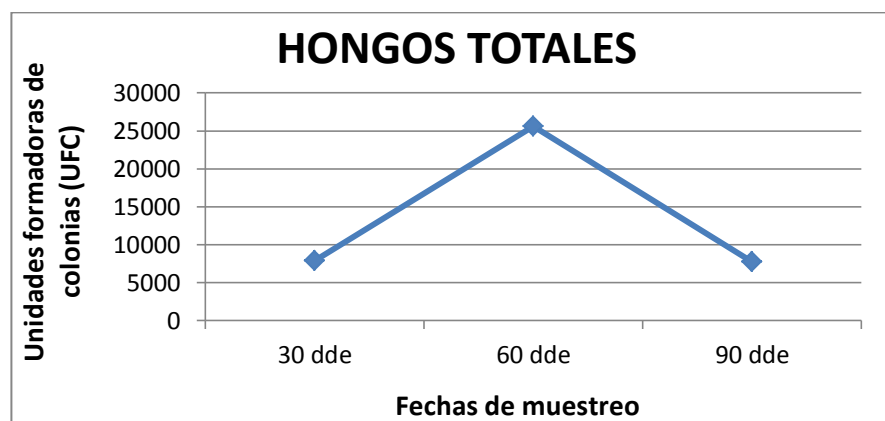


Figura 26. Unidades Formadoras de colonias (UFC) de hongos totales por efecto de la aplicación de bioinsumos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

En la figura 26, se observa un incremento de hongos en la segunda fecha de muestreo (hasta $2E+04$ UFC/gr de suelo), coincidiendo este con la etapa de floración

del cultivo y un descenso en el último muestreo coincidiendo esto casi con la cosecha.

Las colonias que forman estos son mucho más grandes y con el característico micelio, como observación general en el suelo la población de hongos siempre suele ser más baja que la población de bacterias.

Miranda (2003), menciona que la actividad microbiana sufre una disminución cuando un suelo posee condiciones extremas de humedad o sequedad, cuando está húmedo el aire del suelo es desalojado y en ausencia del mismo se hace más lenta la descomposición de la materia orgánica.

5.5 Análisis económico.

Cuadro 3. Presupuesto Parcial.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Costo Total	16581,5	18421,5	17901,5	18681,5	18736,5	19006,5	18736,5	19006,5
Rendimiento	183,4	246,6	210,1	258,9	203,2	238,5	218,1	247,0
In. Bruto	27364	34202,9	29140,4	35840,3	28562,0	33144,5	30591,1	34770,3
In. Neto	10782,09	15781,40	1238,90	16588,81	9795,46	14462,97	11854,62	15763,84
Relacion B/C	1,65	1,86	1,63	1,86	1,52	1,77	1,63	1,83
Rel. B.Netto	0,65	0,86	0,63	0,86	0,52	0,77	0,63	0,83
Costo U. de Producción	90	75	85	74	92	78	86	77

Del cuadro 3, se observa que el tratamiento con mayor Ingreso neto correspondió a T4 con 16588.81 bs/ha que también tuvo el mayor rendimiento de 258.9 qq/ha. seguido de T2 (Estiércol + Tricobal) con ingreso neto de 15781.40 bs/ha aunque no en rendimiento (246.6 qq/ha).

El T8 tuvo mayor rendimiento (247 qq/ha) que el T2 pero al final menor ingreso neto ya que el costo de los bioinsumos y las aplicaciones incrementaron el costo total que resultó siendo mayor que T2.

Se observó también que se tuvo el menor rendimiento con T1 (Testigo) sin la aplicación de Bioinsumos con 183.4 qq/ha pero también se redujo el costo total lo que hace que el ingreso neto no sea el menor. Finalmente el T5 obtuvo el menor ingreso neto con 9795.48 bs/ha. aunque el rendimiento está por encima del testigo.

Cuadro 4. Análisis de Dominancia

Tratamientos	Costos Variables	Ingreso Neto	
T1	15251.5	12112.1	D
T3	16571.5	12568.9	D
T2	17091.5	17111.4	ND
T6	17301.5	15843.0	D
T7	17356.5	13234.6	D
T5	17386.5	11175.5	D
T8	17626.5	17143.8	D
T4	17871.5	17968.8	ND

Efectuando el análisis de dominancia se observa un mayor Beneficio neto con el T4 con 17968.8 bs/ha, seguido del T2 con 17111.4 bs/ha, resultando ser dominados T1, T3, T5, T6, T7, T8 por obtener un menor beneficio y mayor costo de producción.

Curva de Beneficios Netos

En la figura 27, se presenta el comportamiento de la curva de beneficios netos donde se observa que el T2 y T4 son los tratamientos no dominados.

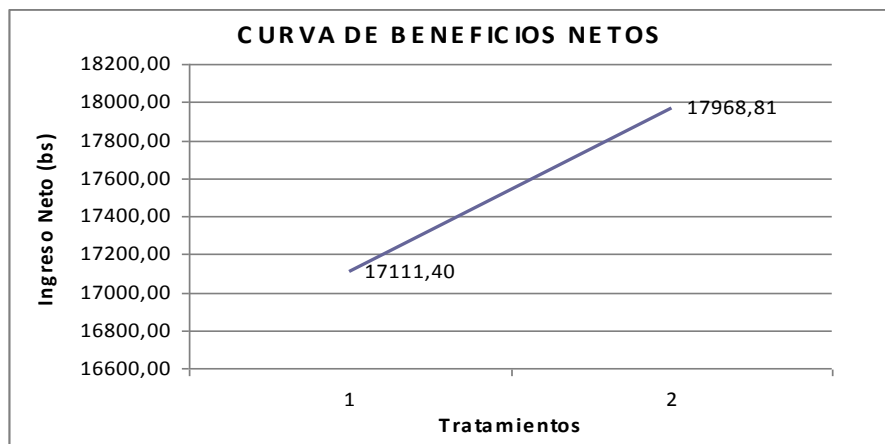


Figura 27, Curva de Beneficios Netos. Estación Experimental de Quipaquipani. Campaña agrícola 2010-2011.

En la curva de Beneficios Netos han sido eliminados los tratamientos T1, T3, T5, T6, T7, T8, debido a que solo los tratamientos no dominados T2 y T4 se observan y se incluyen en figura de la curva en la que presentan pendiente positiva.

El agricultor puede optar por las dos alternativas T2 y T4 pero si quiere optimizar tendrá que elegir el T4 que es el tratamiento que reporta mayores beneficios, mayores rendimientos a menor costo.

6. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del cultivo, la temperatura se mantuvo estable y fue favorable para el cultivo; sin embargo, la precipitación pluvial acumulada fue baja (393,9mm) para un ideal desarrollo y producción del cultivo.

La aplicación de los diferentes bioinsumos y en diferentes frecuencias, no tuvo ningún efecto sobre el rendimiento del cultivo de papa.

Respecto a las variables agronómicas se registraron diferencias estadísticas significativas en la altura de planta para las fechas de medición (11, 31, 51 y 71 dde), registrándose las mejores alturas en los tratamientos T8 (EtTb+AtVT+BvFs) y T4 (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt); sin embargo estos resultados no influyeron en el rendimiento ni en el comportamiento general del cultivo.

La aplicación de los bioinsumos agrícolas tuvo un efecto significativo en la reducción de la incidencia y severidad del ataque de la polilla de la papa, donde el Bioinsecticida Acaritop de la estrategia de los tratamientos T4, (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt), T6 (EtTb+AtVt+Fs) y T5 (EtTb+AtVt+Fs+Vt) logró disminuir significativamente la incidencia y severidad de la polilla de la papa al tubérculo.

La aplicación de bioinsumos, registró diferencias significativas en la Densidad aparente y Porosidad solo para fechas de muestreo, durante el desarrollo del cultivo (inicio de floración) y postcosecha (60 días después de la cosecha). Sin embargo la Humedad gravimétrica tuvo diferencias altamente significativas entre tratamientos y fechas de muestreo (24, 44 y 64 dde) aunque se evidenció que está en función de la precipitación pluvial registrada.

Las propiedades químicas del suelo evaluadas (N, P, K, CIC y pH) no experimentaron cambios significativos por efecto de la aplicación de bioinsumos, registrándose valores medios para N, CIC y valores bajos para P, K; mientras que el pH se encuentra en un rango de neutro a medianamente alcalino.

En el análisis microbiológico del suelo, se pudo evidenciar que la aplicación de bioinsumos no tuvo ningún efecto en la población microbiana de suelos (hongos, bacterias) para los diferentes tratamientos. Sin embargo, registró diferencias estadísticas significativas para las poblaciones bacterianas que incrementaron significativamente hasta el tercer muestreo, a la cosecha, en cambio las poblaciones de hongos incrementaron hasta la segunda fecha de muestreo, (60 dde), encontrándose diferencias significativas entre fechas de muestreo (30, 60 y 90 dde).

Según el análisis de la tasa de retorno marginal, la producción de papa con la aplicación de bioinsumos (EtTb+AtVt+FtFs+FtVt) que corresponde al tratamiento T4, mejora los beneficios económicos, observándose que por cada boliviano invertido se obtiene Bs. 1.86.

7. RECOMENDACIONES

Repetir por una campaña agrícola más el estudio sobre el efecto de los bioinsumos sobre el comportamiento del cultivo de papa y las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, para confirmar o detectar nuevos resultados. La baja precipitación pluvial registrada en la campaña agrícola de estudio, con seguridad que afecto el poco o ningún efecto de los bioinsumos, los cuales requieren de humedad para un buen desempeño.

Realizar estudios complementarios a mayor plazo sobre la misma parcela, para determinar mejor el efecto de los bioinsumos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, ya que el tiempo de descomposición de algunos insumos utilizados, como el estiércol y el tricobal, podría no haber sido suficiente.

Realizar estudios más profundos sobre el control preventivo de la pulgilla saltona (*Epitrix spp.*) con el uso del Ecoinsecticida Acaritop, y mejorar las concentraciones de este bioinsecticida.

Continuar la motivación de los agricultores sobre el uso de abonos orgánicos para una agricultura ecológica, garantizando de esta manera la sostenibilidad productiva, la seguridad alimentaria, salud, conservación de recursos naturales y medio ambiente.

8. BIBLIOGRAFIA

ACUÑA, O.; PEÑA, W.; SERRANO, E.; POCASANGRE, L.; ROSALES, F.; DELGADO, E.; TREJOS, J.; SEURA, A.; 2006. La importancia de los Microorganismos en la calidad y salud de Suelos. XVII Reunión Internacional de Asociación para Cooperaciones pesquisas sobre Banana en Caribe y en América Tropical 15 al 20 de octubre Joinville – Santa Catarina – Brasil. pp 225-226.

AGUILAR, C.; ARAU, G.; GRAVEDA, R. 2003. Uso de bacterias benéficas para mejorar la producción de papa. Métodos de Investigación.

ALTIERI, M. 1997. Agroecología: Bases científicas para una Agricultura Sustentable. CLADES. CIED/Secretariado Rural Perú – Bolivia. 2ª Edición. Lima, Perú. 512 p.

ANDREW, R.; BAREA, O.; BEJARANO, C.; CALDERON, R.; CERVANTES, E.; HERBAS, J.1999. Biología y comportamiento de la polilla de la papa *Symmetrischema tangolias*. Ficha técnica N° 2/1999. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

ARANDA, O. S. 1997. Evaluación de *Bacillus subtilis* como agente de control en enfermedades fungosas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) y su efecto en el rendimiento bajo condiciones de invernadero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad.

ARIAS, M. 2004. Hongos Antagonistas o micopatógenos. En Guía de insumos biológicos para el Manejo Integrado de Plagas. Corporación para Desarrollo de Insumos y Servicios Agroecológicos Harmonía. pp 59-62.

ARONI, J. C. y COSSIO, J. 2005. Manejo de los Recursos Suelo y Agua. Modulo 3 Fascículo 2. La Importancia de los Nutrientes en un Cultivo. Editores Fundación PROINPA. La Paz- Bolivia.

BARRERA, L. 2001. La fertilidad de los suelos diagnostico y control. Bogotá. Disponible en: <http://www.mirat.net/fertilizantes/nutrición/micronutrientes/boro.html>.

- BAREA, J.M.; OLIVARES, J. 1998. Manejo de las propiedades biológicas del suelo. *En: Jiménez Díaz, L.R. y R. Lamo de Espinosa (ed). Agricultura Sostenible. Editorial Mundi Prensa. Madrid, 173-193.*
- BERNAL, J. y ESPINOSA, J. 2003. Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos. Instituto de la Potasa y el Fósforo. INPOFOS. Quito – Ecuador.
- BENINTENDE, S. SÁNCHEZ, C. 1999. Microorganismos del suelo. Cátedra de Microbiología Agrícola. FCA-UNER. Universidad nacional de entre ríos Facultad de Ciencias Agropecuarias
- BOHORQUEZ, F. 2001. Manual de Fertilidad de suelos. 8va reimp. Esp. s.l. s. e. p.26-35.
- BOHN, H. 1993. Química del Suelo. Limusa-Grupo Noriega. Editores México.
- BUKMAN, H. Y BRADY, N. 1991. Naturaleza y propiedades de los suelos. 4ta reimpres. Editorial Limusa, México. 590 pp.
- CALDERON, R.; BAREA, O.; RAMOS, J.; CRESPO, L.; BEJARANO, C.; HERBAS, J.; LINO, V.2002. Desarrollo de componentes del manejo integrado de las polillas de la papa (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*) en Bolivia y el Bioinsecticida Baculovirus (MATAPOL). Fundación PROINPA-Proyecto PAPA ANDINA. Cochabamba, Bolivia.
- CALDERON, R.; FRANCO, J.; CRESPO, L.; V.; FIGUEROA, I. 2004. Principales plagas del cultivo de papa en Bolivia. Fundación PROINPA, DFID. 36p.
- CANQUI, F. MORALES, E. 2009. Conocimiento Local en el Cultivo de Papa. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- CALZADA, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Quinta Edición. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 97 p.

CARVAJAL, C. 1993. Biología, distribución geográfica, fluctuación poblacional y control del gorgojo de los Andes *Premnotrypes latithorax* en la localidad de Aguirre. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. UMSS. 123 p.

CARVAJAL, C. 1992. Las polillas de la papa: Caracterización, Diferenciación y aspectos de manejo integrado. IBTA-PROINPA. Cochabamba-Bolivia. 14p.

CISNEROS, F. 1988. Estrategias de control de las polillas de la papa, dentro de un esquema de control integrado. Curso internacional: Manejo integrado de las palomillas (Lepidoptera: Gelechiidae) de la papa. ICA-CIP. Bogotá, Col. 131p.

CISNEROS, F. 1995. Control de plagas Agrícolas. 2da Edición Lima-Perú, impreso en: Full Prints.r.l. 313 pag.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, MX).1998. La formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos un Manual Metodológico de Evaluación Económica. Ed. Rev. México.

CIP – PERU 2005. La papa y la alimentación Mundial. Perú Ecológico. Disponible en: <http://www.peruecologico.com.pe/tubpapa.htm>.

COMPAS/AGRUCO. 1998. Plataforma Para El Diálogo Intercultural Sobre Cosmovisión y Agricultura. COMPAS/AGRUCO. La Paz, Bolivia. 220 p.

CONTI, M. 2005. Principios de edafología. Segunda reimpresión. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires-Argentina.

CORINA, D. 2011. Evaluación de cuatro bioinsumos como alternativa para la sostenibilidad de los sistemas tradicionales de producción de papa (*Solanum tuberosum spp andigenum*) en Cariquina Grande, Provincia Camacho. Tesis de Grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Pública de El Alto. La Paz-Bolivia.

CHILON, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. La Paz, Bolivia, CIDAT. p.50.

DE LIÑAM, C. 2001. Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales. Ediciones Agrotécnicas S.L., Madrid. 670 pp.

DOMÍNGUEZ. V. A. 1978. Abonos minerales. Quinta edición (Revisada y ampliada), Madrid-España. pp 61-71.

ESPINOZA, J. 1995. Informaciones agronómicas N° 25. Instituto de la Potasa P-INPOFOS A. S. Quito, Ecuador. 16p.

ESPRELLA, R. 1993. Evaluación en Parcelas Campesinas del Nematodo Quiste de la papa (*Globodera spp.*) en función al Tiempo de Descanso en el Altiplano Central Boliviano". Tesis de Grado para optar el título de licenciatura en Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba, Bolivia. 97 p.

FASSBENDER, H. W. 1982. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José. Costa Rica. 398p.

FAO 1998. World Reference Base for Soil Resources. Rome.

FAO, 2008. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, DEPARTAMENTO DE DESARROLLO SOSTENIBLE. Depósito de documentos de la FAO. Agricultura orgánica y biodiversidad. Disponible en línea en: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/005/y4137s/y4137s06.htm consultado del 31 de Mayo.

FIGUEROAM, C. 2004. Fluctuación poblacional de tres tipos de polillas de la papa, en la provincia Aroma (Centro Belén, Challapata y Tarakollu) del departamento de La Paz. Tesis de grado. Facultad de Agronomía U.M.S.A. La Paz, Bolivia. 95 pag.

FRITZ, A.; TRENKEL 1989. Fertilización foliar, BASF RF. Alemania. 116 p.

- GANDARILLAS, A. y ORTUÑO, N. 2009. Compendio de enfermedades, insectos, nematodos y factores abióticos que afectan el cultivo de la papa en Bolivia. Fundación PROINPA. Cochabamba - Bolivia.
- GARCIA, J. 1982. Edafología y fertilización agrícola. Biblioteca agrícola Aedos. Edición Aedos. Barcelona, España. 290 p.
- GLICK, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free- living bacteria. Can. J. Microbiol. 41:109-117.
- GONZALES, M.; PALMA, M.; CONTI, M. 2005. Reacción del suelo. Facultad de agronomía. Universidad de Buenos Aires – Argentina. Segunda edición. Disponible en <http://www.agro.uba.ar&efa@agro.uba.ar>
- GUERRERO, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Reimpreso. Mundi - Prensa. México. 139p.
- GUERRERO, R. 1991. La acidez del suelo: Su naturaleza, sus implicaciones y su manejo. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. SCCS. Bogotá. pp 141-163.
- GUERRERO, Y. 1993. Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico de suelos. Primera edición. Ediciones R.A.A.A. Lima, Perú. Pp18-35.
- GUTIERREZ, E.; MENESES, R.; GANDARILLAS, A.; GABRIEL, J. 2008. Revista de Agricultura. Número especial en homenaje al año internacional de la papa. UMSS. No. 43. Año 60. Cochabamba - Bolivia.
- HARMAN, G. 2000. *Trichoderma spp., including T. Harzianum, T. Viride, T. Koningii, T. Hamatum and other spp.* Deuteromycetes, Moniliales (asexual classification system). Disponible en página web: <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/trichoderma.html>.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) y BID (Banco Interamericano de Desarrollo) 2013. Innovaciones de Impacto: Lecciones de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Editado por Priscila Henríquez; Hugo Li Pun. San José Costa Rica, 224 p.

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) 1992. Fertilización en diversos cultivos. 5ª. aproximación. Manual de asistencia técnica No. 25. ICA. Bogotá. 64 p.

INFOAGRO, 2004. Hortalizas, cultivo de papa. Costa rica. Disponible en <http://www.infoagro.com/cultivo/hort>

INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias/Agrarias) 2007. Estación Experimental Santa Ana, Huancayo. Disponible en página web http://www.inia.cl/quilamapu/pubbycom/informativos/info_60.htm

JARAMILLO, D. 2002. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia.

KILIAN, M., STEINER, U., KREBS, B., JUNGE, H., SCHMIEDEKNECHTS, G., AND HAIN, R. 2001. FZB24 *Bacillus subtilis* mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. Pflanzenschutz - Nachrichten Bayer. 1: 72-93.

LABRADOR, J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Mundiprensa (eds.) V.A. Impresores, Madrid, España. 174p.

LIMACHI, J. 2010. Efecto de la Aplicación de Bioinsumos para el control de la enfermedad de la mancha plateada (*Helminthosporium solani*) en el cultivo de papa nativa (*Solanum stenotomum*) en la comunidad de Colomi, Cochabamba. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniera Agrónoma. UMSA. La Paz – Bolivia.

LINDAO, V. 1991. El Manejo del Cultivo de Papa Quito, Ecuador Edit. Mayer, María. Variabilidad Genética de la Papa. 2001.

LOPEZ, A. y ESPINOZA, J. 1995. Manual de Nutrición y Fertilización. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Ed. Rev. Quito, Ecuador. S.e. p.16.

LOZANO, Z. 2006. Muestreo con fines de caracterización y evaluación de propiedades de los suelos. En: Venesuelos. Revista de la Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo y del Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Volumen 14, pp 70 – 79.

MAGALLÓN, P., DION, P. 2009. Importancia de los Microorganismos promotores de Crecimiento vegetal para los pequeños productores de Bolivia. Curso práctico teórico de microbiología agrícola. Fundación PROINPA, Cochabamba Bolivia, pp.14 – 19.

MARINO, M. 2010. Efecto de biofertilizantes caseros y elaborados aplicados al cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) en la comunidad de Cañacota, Cochabamba. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniera Agrónoma. UMSA. La Paz – Bolivia.

MARSCHNER, H.1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2a edición. Editorial Academic Press Limited. London. pp. 21-40.

MIRANDA, A. 1997. Fluctuación poblacional y Control biológico de la pulgilla de la papa (*Epitrix spp.*). Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. UMSA. La Paz – Bolivia.

MIRANDA, R. 2003. Apuntes de Edafología. Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia 60p.

MIRANDA, R. 2004. Introducción a la Geología Agrícola. UMSA. Facultad de Agronomía. (Primera parte). Carrera Ingeniería Agronómica. La Paz, BO.

MONEDERO, M. 2004. Diagnostico, monitoreo y alternativas para el manejo de la calidad de los suelos ferralíticos rojos para la producción sostenible de cultivos protegidos. La Habana: Instituto de Suelos 16p.

MONTALDO, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. San José. Costa rica. IICA 676p.

NAVIA, O.; ORTUÑO, N. 2005. Efecto de la bacteria *Bacillus subtilis* en el cultivo de cebolla. Cultivar Criolla roja. La Villa. Fundación PROINPA, Cochabamba Bolivia

NAVIA, O.; ORTUÑO, N.; FRANCO, J. 2005. Utilización de Biofertilizantes en combinación con inoculantes microbiales para una agricultura sustentable. Proyecto COMMINANDES. Fundación PROINPA. Ficha técnica 2/2005. Cochabamba – Bolivia.

OCHOA, C. M. 2001. Las papas de Sudamérica: Bolivia. “Travaux” de l Institut Francais de Etudes Andinas (ISSN 0768-428X) Primera edición traducida al español. Agosto, Tomo 127, 407pp.

ORIOUS (Organización de Industrias Unidas, CO), 2004. Ficha técnica de Productos: Trichoderma: en línea Villavicencio, CO. Disponible en <http://www.oriusbiotecnologia.com/productos/trichod.htm>.

ORTUÑO, N.; NAVIA, O.; MENESES, E. 2010. Catalogo de Bioinsumos. Para mejorar la productividad de los Cultivos ecológicos y convencionales. Fundación PROINPA biotop. Alianza para una agricultura sustentable. Cochabamba, BO.

ORTUÑO, N.; NAVIA, O.; CRESPO, L.; PLATA, G.; CLAROS, M. 2009. Los biofertilizantes y los bioplaguicidas, una alternativa para una producción limpia y saludable. Diplomado de laboratorio en Microbiología agrícola y Bioinsumos. Fundación PROINPA y POSTGRADO DE FCAP-UMSS.

ORTUÑO, N.; NAVIA, O.; MEDRANO, A.; ROJAS, K.; TORRICO, L. 2006. Desarrollo de bioinsumos: Un aporte a la soberanía alimentaria de Bolivia. Revista de Agricultura - Año 62, Nº 47 30 Área: Actualidad Nacional, Cochabamba – Bolivia.

ORTUÑO, N.; NAVIA, O.; MEDRANO, A.; ROJAS, K.; TORRICO, L.;VELAZCO, J. (s/f). Los Bioinsumos un potencial para una agricultura soberana Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

ORTUÑO, N.; NAVIA, O.; GANDARILLAS, A. (s/f). Los Bioinsumos: Alternativa en el manejo de plagas y la fertilidad del suelo para reducir el efecto de los agroquímicos sobre el medio ambiente y la salud. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

ORSAG, V. 1989. Factores limitantes del Altiplano para la agricultura y la degradación de las propiedades físicas de suelo. En seminario agro ecológico. Facultad de Agronomía UMSA, La Paz-Bolivia.

ORSAG, V. 1989. Efecto de un manejo agrícola alternativo de un andisol del Altiplano Central de Bolivia, sobre el almacenamiento de Agua en el suelo o ecología en Bolivia Nº 13. Pp.23 a 32.

OSPINA, J. y ALDANA, H.1995. Enciclopedia Agropecuaria. Bogotá Colombia. 341pp.

PARRA, V. 1998. Épocas de incorporación y dosis de estiércol sobre la productividad de la papa (*Solanum tuberosum ssp. Andigena*) en zonas de altura de Cochabamba. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

PARDAVE, C. 2004. Cultivo y comercialización de papa. Primera edición. Perú. Editorial Palomino E.I.R.L. pp. 133.

PAUL, A., CLARK, E. 1996. Soil Biochemistry, 2da. Edition, Academic Press, San Diego, CA, USA.

PERDOMO, C.; BARBAZÁN, M. 2003. Nitrógeno. Área de Suelos y Aguas. Cátedra de Fertilidad. Facultad de Agronomía. Universidad de la República, Montevideo- Uruguay.

POVOLNY, D.; VALENCIA, L.1986. Una palomilla de papa nueva para Colombia. En: Valencia, L. Control Integrado de Plagas. Bogotá, Colombia. CIP – ICA. p 33 – 35.

PRITCHETT, W. L. 1991. Suelos forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento. Editorial Limusa. México. 634p.

PROINPA (Programa de Investigación de la Papa).1998. Informe Compendio del Programa de Investigación de la Papa, COTESU. Cochabamba-Bolivia.

PROINPA. 2004. Informe anual. Proyecto COMMINANDES, financiado por la Comunidad Económica Europea.

PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S. 2002. El cultivo de la papa en Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) –Centro Internacional de la Papa (CIP). Quito, 231 p.

QUISPE, N. 1999. Estudio comparativo de variedades de avena (*Avena sativa*). Cebada (*Hordeum vulgare*) y triticum (*Triticum aestivum*). Tesis de grado, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia. Pp15-16.

RATTO, SE. 2005. Los microelementos en el sistema productivo del área pampeana. Pp 79-112. En: M Vazquez (ed). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207p.

ROMERA, M. (s/f). Agricultura ecológica. Disponible en <http://www.infoagro.com>

RODRIGUEZ R, M. 1999. Fisiología Vegetal: El crecimiento vegetativo. Ed. rev, Cochabamba, BO. Editorial Amigos del libro. 343 – 361 p.

RODRIGUEZ, I. y ARCIA, A. 1993. Caracterización fisiológica (temperatura, pH y luz) de 12 aislamientos de *Trichoderma* spp., *In vitro*. (Resumen). Fitopatol. Venezol. 6(2):53.

RODRÍGUEZ, V. 1997. Efecto Antagónico y Biocontrolador de algunos Microorganismos Saprofíticos Contra *Rhizoctonia Solani* Un Fitopatogeno causante de (Damping Off) en plantas de tomate. Biblioteca central UNMSM.

RUIZ, D. M. 1998. Estudio sobre los factores bióticos y abióticos que influyen en los Parasitoides endémicos de polillas de papa y afijos en el Altiplano central. Tesis de grado, U.M.S.A., Facultad de Agronomía, La Paz – Bolivia pp. 5 – 30.

SANCHEZ, R. 2003. “Abonos Orgánicos y Lombricultura” Primera impresión. Lima – Perú, 17p.

SALISBURY, F. B. y ROSS, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Cuarta Edición. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. México. D.F. 758 p.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2012. Información agroclimática de la localidad Viacha, Provincia Ingavi. La Paz, Bolivia.

SILVESTRE B. 1997, Identificación, multiplicación y elaboración de virus granulosos para el control biológico de la polilla de la papa en condiciones de almacenamiento. Facultad de Agronomía. U.M.S.A. La Paz, Bolivia. Pag. 46.

TAPIA, M. 1990."·Cultivos andinos explotados y su aporte en la alimentación. Lima. Perú. s.e.p. 205.

TAPIA, N. 2002. Agroecología y Agricultura campesina Sostenible en los Andes bolivianos. AGRUCO. Plural Editores. Cochabamba, Bolivia. 373 p.

TANGARA, E. 2007. Efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en las propiedades físicas y químicas del suelo sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en tres comunidades del altiplano central de Bolivia. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia.

TORRES W, F. 1989. Principales insectos plagas del cultivo de la papa en Venezuela. FONAIAP-Venezuela. Memorias Seminario Taller: Aspectos entomológicos en el cultivo de la papa. Colombia. p. 11- 13.

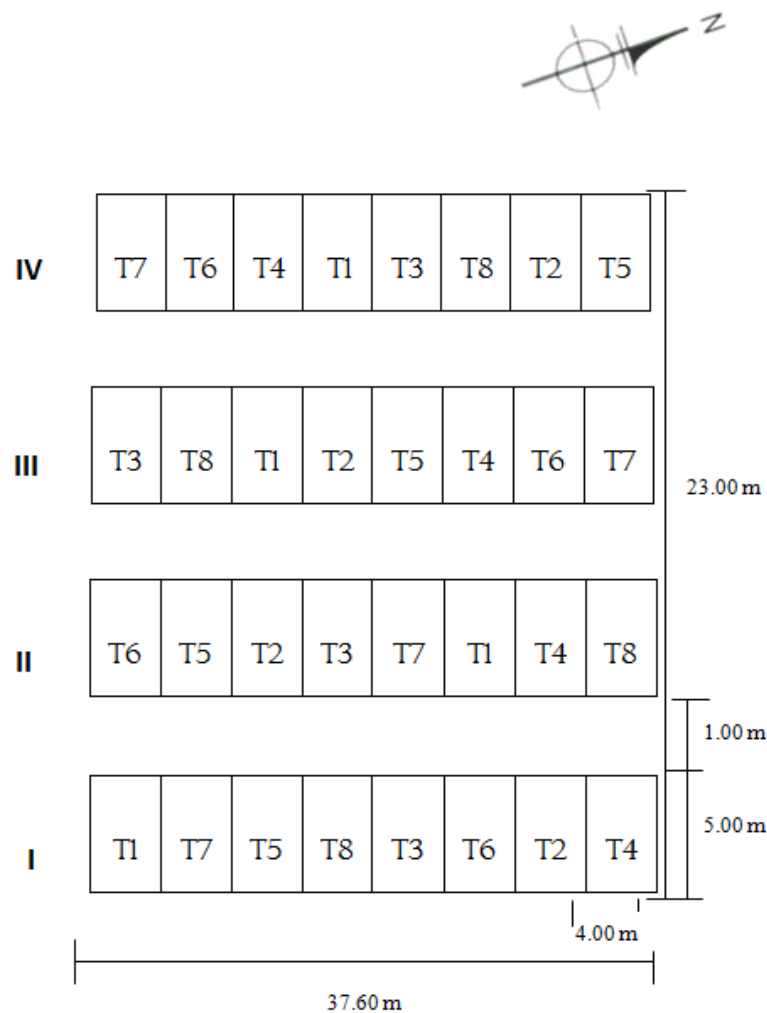
UGARTE, M.L.1992. Descripción y Clasificación morfológica de especies y cultivares de papa del banco de germoplasma de Bolivia. Tesis Lic. Ing. Agr. Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón.

VILLCA, O. 2009. Incorporación de Organismos Promotores de Crecimiento en la producción de maíz forrajero cv. Pairumani compuesto 10 en la localidad de Chullpas (Cliza Provincia Germán Jordán Cochabamba. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. UMSS. Cochabamba, BO.

YAVAR, E. 1988. Prácticas culturales como base para el manejo del gorgojo de los Andes: *Premnotrypes lathitorax* Pierce, 1914 en el Cuzco, Perú. En IV. Seminario “Sistemas de Producción en Papa y Manejo de Plagas y Enfermedades”. Ed. B. Ramakrishna. Pasto, Colombia. pp. 215-227.

ZANABRIA, E. y BANEGAS, M. 1997. Entomología Económica Sostenible. Plagas de los cultivos andinos papa y quinua y el Manejo Agroecológico en los ecosistemas frágiles de la Región Andina. Primera Edición. Puno-Perú. Pp.187.

ZEBALLOS, H.; BALDERRAMA, F.; CONDORI, B.; BLAJOS, J.2009. Economía de la papa en Bolivia (1998-2007).Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia. 129 p.58.

Anexo 1.**Croquis de la parcela experimental****Anexo 2.****Datos climáticos de Temperatura y Precipitación. E.E. Quipaquipani****Temperatura (°C) Máxima y mínima media (2010-2011)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2010 TMax	16,4	17,1	17,6	18,9	17,4	17,3	16,9	18,5	18,5	18,1	19,7	18,4
2011 TMax	17,6	15,1	15,8	17,6	17,2	16,6	15,7	17,7	17,9	18,6	18,8	16,5
2010 TMin	4,9	5,3	3,1	-0,5	-3,4	-5,8	-7,9	-5,9	-2,6	1,0	0,3	4,0
2011 TMin	4,5	4,8	3,9	-0,3	-4,4	-6,9	-5,9	-4,8	-1,8	0,2	2,0	3,9

Temperatura media (°C) 1980-2009

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1980	11,7	11,2	10,3	8,8	6,0	5,1	5,8	6,6	7,6	9,3	9,9	9,6
1981	9,9	9,4	9,4	7,3	6,3	2,9	3,9	5,3	6,5	9,2	11,1	11,2
1982	9,7	10,7	9,7	8,4	4,7	3,3	4,5	6,4	7,6	9,8	10,7	****
1983	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
1984	****	****	****	****	****	****	****	****	****	9,1	****	9,4
1985	9,6	9,9	9,7	9,0	7,1	4,8	2,8	6,0	8,4	8,9	8,2	9,2
1986	9,8	****	9,2	8,8	4,8	****	****	3,8	6,5	7,4	9,9	9,1
1987	****	****	9,7	9,2	6,8	4,4	4,4	5,8	8,0	8,8	10,8	11,1
1988	10,8	10,7	10,2	9,5	7,2	3,4	3,9	6,3	****	****	****	****
1989	****	****	9,7	8,7	6,6	5,7	4,3	6,1	7,7	9,4	9,2	10,9
1990	10,0	9,9	9,3	8,7	7,1	5,5	2,9	5,0	6,8	9,3	10,4	10,4
1991	10,1	10,0	9,8	8,6	5,7	3,4	3,6	5,2	7,0	8,7	9,3	10,1
1992	9,7	10,1	9,5	7,8	6,4	4,9	3,9	4,5	6,7	8,9	8,9	****
1993	9,7	9,5	9,4	9,5	6,6	3,8	4,0	5,4	8,2	9,7	10,3	10,9
1994	10,6	10,4	10,0	9,7	6,6	4,3	4,5	5,3	7,4	9,2	10,1	10,6
1995	11,0	10,7	10,3	8,4	5,7	4,2	5,6	6,6	8,7	9,1	10,1	9,9
1996	10,7	10,8	10,1	9,1	6,9	4,5	5,0	7,0	7,7	9,6	9,8	10,0
1997	10,3	9,6	9,1	8,1	6,0	3,2	5,1	6,7	8,5	9,3	11,1	11,8
1998	12,2	11,9	11,6	10,3	6,1	6,0	5,2	7,4	7,6	9,4	9,9	10,9
1999	10,3	10,1	9,9	9,3	7,2	4,3	4,9	5,8	7,1	8,4	9,8	10,7
2000	10,2	10,0	10,0	9,1	6,8	4,8	3,9	6,5	7,4	9,2	8,9	9,8
2001	9,8	10,0	9,8	9,1	6,1	5,7	5,2	6,6	9,1	9,2	10,7	10,6
2002	10,8	11,2	10,8	10,2	7,8	6,5	5,1	7,2	8,9	9,6	9,9	10,5
2003	11,2	10,8	10,4	8,7	7,7	4,2	5,0	6,4	7,4	9,8	9,8	10,7
2004	11,0	10,4	10,4	10,1	5,2	5,4	6,6	6,8	9,0	10,1	10,9	10,8
2005	10,7	10,3	10,3	9,0	****	****	4,5	4,9	7,1	9,7	10,2	10,8
2006	10,2	10,4	10,6	9,2	5,7	4,8	3,6	6,4	7,6	10,1	11,0	11,5
2007	11,2	10,4	10,1	9,3	7,0	5,8	4,9	6,8	8,5	9,9	9,7	10,7
2008	10,2	10,3	9,4	8,6	5,3	4,9	4,2	5,7	7,6	9,3	11,0	10,4
2009	10,4	10,0	9,5	8,4	6,0	2,4	3,9	4,7	8,2	9,8	11,4	11,2

Precipitación pluvial total (mm) 1980-2009

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1980	74,3	40,8	94,8	15,0	1,5	4,8	23,5	37,4	72,3	75,5	43,7	57,0
1981	136,8	106,1	78,1	41,5	5,3	0,0	0,0	32,5	50,2	89,8	45,6	71,3
1982	199,4	32,2	41,9	33,6	2,8	5,6	0,0	3,1	32,9	45,8	88,6	****
1983	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
1984	268,6	152,2	81,8	50,7	7,4	0,0	3,2	12,0	1,1	14,5	27,8	55,4
1985	75,2	50,7	25,6	28,4	3,8	8,0	0,0	1,9	32,3	27,7	102,1	96,4
1986	80,9	****	42,5	40,5	26,0	****	****	9,3	32,3	26,1	41,7	98,1
1987	152,2	31,3	59,4	14,0	14,3	6,9	15,8	1,3	31,0	72,1	42,7	41,7
1988	93,8	69,1	110,7	44,8	29,2	0,0	0,0	0,0	10,6	19,2	17,6	29,9
1989	94,6	53,8	30,4	76,1	7,8	1,6	13,0	0,0	22,4	6,3	30,4	67,0
1990	111,2	27,9	21,5	17,3	33,4	40,8	0,0	11,2	13,0	35,0	61,2	74,8
1991	61,8	80,5	71,2	15,6	16,2	18,7	3,4	0,5	12,0	11,8	51,8	70,6
1992	174,2	47,2	18,6	4,0	7,0	7,3	4,5	35,3	4,8	45,9	113,2	50,9
1993	127,9	40,5	67,9	22,0	0,8	3,1	0,0	33,1	21,3	41,8	69,6	108,8
1994	84,3	65,0	28,2	32,7	0,0	12,2	0,0	0,4	7,7	21,7	49,7	59,4
1995	97,8	62,4	45,1	10,9	3,3	0,0	0,0	16,0	27,5	13,0	37,6	105,2
1996	173,4	68,0	30,8	5,4	0,0	0,8	0,0	18,5	24,1	8,5	97,3	84,1
1997	218,2	144,4	85,6	43,4	2,8	0,0	0,0	21,3	27,2	17,5	37,8	30,7
1998	131,1	69,2	71,8	50,1	2,0	13,8	0,0	6,0	5,0	76,4	75,0	28,8
1999	95,2	73,6	119,2	28,8	2,2	0,0	7,7	0,0	67,0	99,0	24,6	34,0
2000	98,5	88,4	102,8	4,0	5,2	18,7	0,0	1,5	2,5	53,2	7,5	75,7
2001	289,1	121,9	92,1	11,5	23,8	0,0	24,0	35,0	22,5	53,3	33,4	79,4
2002	101,1	88,7	121,4	48,4	8,0	0,0	27,8	19,0	21,2	42,4	47,2	69,5
2003	139,2	93,1	70,5	18,9	6,8	0,0	0,0	0,0	28,7	1,2	24,1	81,3
2004	189,3	105,2	67,5	16,5	4,0	1,0	20,5	23,8	1,8	14,7	43,9	54,0
2005	113,5	70,1	44,8	10,3	3,3	0,0	1,5	0,0	30,4	62,0	74,9	59,8
2006	145,6	108,0	92,9	15,1	0,0	0,0	0,0	9,6	15,9	52,8	53,5	51,1
2007	106,8	51,5	100,8	56,4	6,9	0,0	33,8	0,0	54,3	12,3	84,7	61,1
2008	162,0	40,2	73,3	0,0	4,0	4,0	0,0	1,5	3,2	31,0	21,1	143,8
2009	89,7	93,9	45,5	20,1	0,0	0,0	7,6	4,2	15,5	39,5	57,8	106,3

Anexo 3.

Resumen de los cuadros de Análisis de varianza (ANVA) de las variables evaluadas en el cultivo de papa. Estación Experimental Quipaquipani.

VARIABLES AGRONÓMICAS

ANVA para porcentaje de emergencia

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	147.37	49.12	0.29	0.8340 ^{ns}
TRATAMIENTO	7	423.87	60.55	0.35	0.9185 ^{ns}
ERROR	21	3589.62	170.93		
TOTAL	31	4160.87			

CV. 23.26

ANVA para altura de planta.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	272,5473	90,8491	3,65	0,0154
FECHA	3	15148,3592	5049,4530	202,82	0,0001
TRATAMIENTO	7	133,4450	19,0636	0,77	0,6174
FECHA*TRATAMIENTO	21	102,0950	4,8617	0,20	1,0000
ERROR	93	2315,3953	24,8967		
TOTAL	127	17971,8418			

CV. 21,42

ANVA para días a la floración

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	3940.62	1313.54	25.44	0.0001*
TRATAMIENTO	7	146.87	20.98	0.41	0.8876 ^{ns}
ERROR	21	1084.37	51.63		
TOTAL	31	5171.87			

CV= 14.10

ANVA para Longitud de Raíz

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	2	135.52	67.76	2.05	0.1651 ^{ns}
TRATAMIENTO	7	210.86	30.12	0.91	0.5244 ^{ns}
ERROR	14	461.87	32.99		
TOTAL	23	808.26			

CV= 19.08

ANVA para Rendimiento

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	15.89	5.29	0.29	0.8345 ^{ns}
TRATAMIENTO	7	62.61	8.94	0.48	0.8355 ^{ns}
ERROR	21	388.23	18.48		
TOTAL	31	466.74			

CV= 32.37

INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE PLAGAS MÁS COMUNES

ANVA para Incidencia de Gorgojo de los Andes

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	1762.25	587.41	6.41	0.0030*
TRATAMIENTO	7	347.50	49.64	0.54	0.7931 ^{ns}
ERROR	21	1923.75	91.60		
TOTAL	31	4033.50			

CV= 13.69

ANVA para severidad de daño de Gorgojo de los Andes

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	2334.58	778.19	2.71	0.0708*
TRATAMIENTO	7	2202.41	314.63	1.10	0.4006 ^{ns}
ERROR	21	6024.15	286.86		
TOTAL	31	10561.15			

CV= 27.51

ANVA para incidencia de polilla de la papa

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	170.62	56.87	1.68	0.2017 ^{ns}
TRATAMIENTO	7	706.37	100.91	2.98	0.0246*
ERROR	21	710.87	33.85		
TOTAL	31	1587.87			

CV= 26.37

ANVA para Severidad de la polilla de la papa

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	240,6250	80,2083	1,13	0,3578
TRATAMIENTO	7	1296,8750	185,2679	2,62	0,0411
ERROR	21	1484,3750	70,6845		
TOTAL	31	3021,8750			

CV= 34,94%

ANVA para incidencia de pulguilla saltona

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	62.34	20.78	0.70	0.5632 ^{ns}
TRATAMIENTO	7	448.96	64.13	2.16	0.0817 ^{ns}
ERROR	21	624.40	29.73		
TOTAL	31	1135.71			

CV= 26.72

ANVA para Severidad de pulguilla saltona

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	1375.06	458.35	3.97	0.0218*
TRATAMIENTO	7	1202.02	171.71	1.49	0.2251 ^{ns}
ERROR	21	2422.76	115.36		
TOTAL	31	4999.84			

CV= 28.68

VARIABLES EDAFOLOGICAS DEL SUELO

ANVA para Densidad aparente.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	0,05478	0,01826	2,15	0,1077
MUESTRA	1	0,06250	0,06250	7,34	0,0095
TRATAMIENTO	7	0,00592	0,00084	0,10	0,9981
MUESTRA*TRAT	7	0,00452	0,00065	0,08	0,9992
ERROR	45	0,38297	0,00851		
TOTAL	63	0,51069			

CV= 6,62%

ANVA para Humedad del Suelo

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	55,59949	18,53316	1,31	0,2772
MUESTRA	2	448,86431	224,43215	15,90	0,0001
TRATAMIENTO	7	279,24495	39,89214	2,83	0,0120
MUESTRA*TRAT	14	414,02689	29,57335	2,10	0,0226
ERROR	69	973,98399	14,11571		
TOTAL	95	2171,71962			

CV= 21,11%

ANVA del muestreo para la Humedad del suelo (cuadro muestr*trat)

Muestreo	GL	SC	CM	FC	Pr>F
1	7	257,9377	36,8482	2,6104	0,0189
2	7	219,5369	31,3624	2,2218	0,0427
3	7	215,7971	30,828	2,1840	0,0462

ANVA de los tratamientos para la Humedad del suelo

Tratamiento	GL	SC	CM	FC	Pr>F
1	2	404,893	202,447	14,342	0,0001
2	2	109,151	54,575	3,866	0,0256
3	2	35,690	17,845	1,264	0,2889
4	2	37,433	18,716	1,326	0,2722
5	2	18,446	9,223	0,653	0,5235
6	2	121,661	60,831	4,309	0,0172
7	2	113,451	56,725	4,019	0,0223
8	2	22,166	11,083	0,7852	0,4601

ANVA para Porosidad del Suelo

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	78,08118	26,02706	2,13	0,1094
MUESTRA	1	88,10169	88,10169	7,22	0,0101
TRATAMIENTO	7	8,60711	1,22958	0,10	0,9980
MUESTRA*TRAT	7	5,14732	0,73533	0,06	0,9996
ERROR	45	549,31609	12,20702		
TOTAL	63	729,25340			

CV= 7,36%

PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS

ANVA para bacterias totales

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
MUESTREO	2	14.48978894	7.24489447	12.48	<.0001**
BLOQUE	2	1.28045415	0.64022708	1.1	0.3408
TRATAMIENTO	7	2.47344616	0.35334945	0.61	0.7454 ^{ns}
MUESTR*TRAT	14	3.50879959	0.25062854	0.43	0.9551 ^{ns}

ANVA para hongos totales

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
FECHA	2	22.42019580	11.2100979	22.45	<.0001**
BLOQUE	2	2.98421977	1.49210989	2.99	0.0602
TRATAMIENTO	7	3.77172102	0.53881729	1.08	0.3921 ^{ns}
FECHA*TRATA	14	12.19442838	0.8710306	1.74	0.0789 ^{ns}

Anexo 4.**Parámetros para la interpretación del Análisis de suelos****Nitrógeno total**

Rango	Interpretación
<0.1	Bajo
0.1-0.2	Medio
>0.2	Alto

Método: Micro Kjeldahl (%)

Fuente: Chilon (1997).

Fósforo disponible

Rango	Interpretación
0-8	Muy bajo
8-16	Bajo
16-24	Medio
>24	Alto

Método: Bray Kurtz(ppm)

Fuente: Pardavé (2004).

Potasio intercambiable

Rango	Interpretación
0-50	Muy bajo
50-100	Bajo
100-150	Medio
>150	Alto

Método: Fotómetro de llama de Perkim-Elmer (meq/100g suelo).

Fuente: Pardavé

Capacidad de Intercambio Catiónico

Rango	Interpretación
6-12	Bajo
12-20	Medio
>20	Alto

Método: Acetato de amonio (meq/100g de suelo)

Fuente: Chilon (1997).

Rango de pH

Escala de valores	Definición
<4.5	Extremadamente ácido
4.6-5.0	Muy fuertemente ácido
5.1-5.5	Fuertemente ácido
5.6-6.0	Medianamente ácido
6.1-6.5	Ligeramente ácido
6.6-7.3	Neutro
7.4-7.8	Medianamente alcalino
7.9-8.4	Moderadamente alcalino
8.5-9.0	Fuertemente alcalino
>9.0	Muy fuertemente alcalino

Método: Potenciómetro

Fuente Chilon (1997).

Anexo 5

Análisis Físico-Químico De Suelos

MINISTERIO DE EDUCACION
 INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
 UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : FUNDACION PROINPA
 PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ, Provincia INCAUI,
 Municipio VIALCHA, Comunidad CHARAHUAYO

Nº SOLICITUD: 062 / 2011
 FECHA DE RECEPCION : 16 / marzo / 2011
 FECHA DE ENTREGA : 18 / abril / 2011

N° Lab	CODIGO	pH en agua 1:5	Ca en 1:10 1:5	Mg en 1:10 1:5	Nitrogeno %	Fosforo asimilable ppm	Materia organica %	Calcio Intercamb. mg/100 g	Magnesio Intercamb. mg/100 g	Potasio Intercamb. mg/100 g	Sodio Intercamb. mg/100 g	Acidez de cambio mg/100 g	CIC mg/100 g
335 /2011	BP - I - 1, cultivo papa, lugar C-QQ, La Paz	6.49	6.41	0.162	0.16	13.01	1.54	8.58	2.47	1.50	0.85	0.18	13.57
336 /2011	BP - I - 2, Cultivo papa, lugar C-QQ, La Paz	6.33	6.34	0.072	0.10	12.67	1.27	6.78	1.29	1.06	0.36	0.17	9.66
337 /2011	BP - I - 3, Cultivo papa, lugar C-QQ, La Paz	7.34	6.93	0.310	0.10	11.03	1.05	7.66	3.03	2.29	1.08	0.17	14.23
338 /2011	BP - I - 4, Cultivo papa, lugar C-QQ, La Paz (calicata 7)	6.34	6.32	0.022	0.11	14.72	1.74	11.39	2.05	1.09	0.41	0.12	15.07
339 /2011	BP - I - 5, Cultivo papa, lugar C-QQ, La Paz (calicata 7)	7.59	6.97	0.285	0.10	8.74	0.92	16.66	4.68	3.35	1.50	0.13	20.32
340 /2011	BP - II - 6, Cultivo papa, lugar C-QQ, La Paz (calicata 7)	6.97	6.82	0.077	0.10	13.33	1.00	8.17	2.26	1.57	0.54	0.10	12.64
341 /2011	BP - I - 7, Cultivo papa, lugar C-QQ, La Paz (calicata 7)	7.53	7.24	0.282	0.10	9.17	1.03	11.60	3.98	2.69	1.86	0.13	20.26
342 /2011	BP - I - 8, Cultivo papa, lugar C-QQ, La Paz (calicata 7)	7.35	6.91	0.168	0.10	10.20	0.79	8.81	3.36	2.37	0.82	0.10	15.46
343 /2011	BP - II - 1, papa, C-QQ, La Paz	7.63	7.01	0.151	0.07	7.93	0.91	7.21	2.62	2.34	0.87	0.12	13.16
344 /2011	BP - II - 2, papa, C-QQ, La Paz	7.61	7.26	0.180	0.11	7.43	1.39	14.55	4.10	2.93	0.98	0.15	18.78
345 /2011	BP - II - 3, papa, C-QQ, La Paz	7.55	7.16	0.185	0.10	7.88	1.31	10.78	3.93	1.22	0.48	0.13	10.68
346 /2011	BP - II - 4, papa, C-QQ, La Paz	6.74	6.65	0.088	0.10	8.29	1.16	7.10	1.74	2.93	0.98	0.15	18.78
347 /2011	BP - II - 5, papa, C-QQ, La Paz	7.44	7.38	0.215	0.12	7.49	1.35	13.34 *	2.94	2.03	0.88	0.10	19.30
348 /2011	BP - II - 6, papa, C-QQ, La Paz	7.20	7.04	0.198	0.15	11.83	2.12	13.17	3.25	1.72	0.73	0.17	19.04
349 /2011	BP - II - 7, papa, C-QQ, La Paz	7.68	7.14	0.177	0.19	8.32	0.98	9.88	3.05	2.65	0.75	0.12	16.46
350 /2011	BP - II - 8, papa, C-QQ, La Paz	6.55	6.42	0.078	0.10	11.97	1.25	8.08	1.57	1.21	0.53	0.12	11.61
351 /2011	BP - III - 1, papa, C-QQ, La Paz	7.63	7.39	0.160	0.14	6.68	1.18	15.60 *	3.78	3.03	0.81	0.17	23.39
352 /2011	BP - III - 2, papa, C-QQ, La Paz	7.59	7.51	0.186	0.12	6.95	1.51	14.53 *	3.33	3.12	0.96	0.15	22.09
353 /2011	BP - III - 3, papa, C-QQ, La Paz	7.38	7.33	0.178	0.15	5.91	2.49	13.84 *	2.30	1.85	0.72	0.17	18.69
354 /2011	BP - III - 4, papa, C-QQ, La Paz	7.63	7.00	0.172	0.10	7.74	1.18	11.26	3.87	2.99	0.77	0.08	18.96
355 /2011	BP - III - 5, papa, C-QQ, La Paz	7.81	7.41	0.430	0.10	5.57	1.20	11.93 *	2.70	2.84	0.87	0.08	18.42
356 /2011	BP - III - 6, papa, C-QQ, La Paz	7.21	6.74	0.116	0.10	6.78	1.12	9.24	2.58	2.25	0.41	0.08	14.07

Df. Av. 6 de Agosto 2007, Tel: 2433461 - 34300 - 3433677 - 3126357 Fax: (0591) 2 2433063, La Paz - Bolivia
 Casilla 42 21, Tel: 2800055 CIN-Vialcha, Email: ibt@entelnet.bo

Página 2 de 2

N° Lab	CODIGO	pH en agua 1:5	Ca en 1:10 1:5	Mg en 1:10 1:5	Nitrogeno %	Fosforo asimilable ppm	Materia organica %	Calcio Intercamb. mg/100 g	Magnesio Intercamb. mg/100 g	Potasio Intercamb. mg/100 g	Sodio Intercamb. mg/100 g	Acidez de cambio mg/100 g	CIC mg/100 g
357 /2011	BQ - I - 7, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.88	6.50	0.140	0.15	8.86	1.34	9.40	3.19	2.30	0.54	0.10	15.52
358 /2011	BQ - III - 8, papa, C-QQ, La Paz	7.45	7.25	0.182	0.21	6.24	1.54	14.20 *	2.59	1.88	0.77	0.13	19.57
359 /2011	BQ - I - 1, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.60	6.15	0.080	0.07	11.59	0.94	3.87	0.49	0.72	0.44	0.10	5.62
360 /2011	BQ - I - 2, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.54	6.01	0.054	0.08	11.65	1.00	5.30	0.64	0.85	0.41	0.08	7.28
361 /2011	BQ - I - 3, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.46	5.89	0.058	0.16	10.45	1.05	4.75	0.56	0.85	0.36	0.12	6.64
362 /2011	BQ - I - 4, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.41	6.03	0.124	0.09	11.67	1.27	4.25	0.49	0.74	0.37	0.08	5.93
363 /2011	BQ - I - 5, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.40	6.11	0.105	0.14	11.68	0.95	5.41	0.60	0.82	0.40	0.08	7.31
364 /2011	BQ - I - 6, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.47	6.26	0.198	0.15	13.08	0.89	5.08	0.55	1.21	0.46	0.07	7.37
365 /2011	BQ - I - 7, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.57	6.25	0.089	0.07	16.43	1.05	3.78	0.50	0.95	0.34	0.08	5.65
366 /2011	BQ - I - 8, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.60	6.22	0.098	0.08	16.11	1.18	4.14	0.58	1.06	0.31	0.08	6.17
367 /2011	BQ - II - 1, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.35	6.11	0.102	0.06	17.44	0.94	4.31	0.51	0.61	0.31	0.10	5.89
368 /2011	BQ - II - 2, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.79	5.97	0.067	0.08	16.46	1.00	4.59	0.46	0.68	0.29	0.13	6.15
369 /2011	BQ - II - 3, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.71	5.98	0.066	0.07	18.63	1.01	4.25	0.50	0.81	0.35	0.12	6.04
370 /2011	BQ - II - 4, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.62	6.14	0.103	0.06	18.45	1.07	4.39	0.47	0.89	0.40	0.12	6.27
371 /2011	BQ - II - 5, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.47	6.12	0.107	0.08	16.88	0.98	5.12	0.48	0.68	0.30	0.13	6.71
372 /2011	BQ - II - 6, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.49	6.08	0.100	0.08	15.17	1.07	5.98	0.73	0.69	0.38	0.12	7.91
373 /2011	BQ - II - 7, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.61	6.20	0.059	0.08	18.35	0.99	4.33	0.48	1.01	0.39	0.08	6.29
374 /2011	BQ - II - 8, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.46	6.20	0.108	0.10	16.09	1.18	4.73	0.51	0.78	0.31	0.08	6.42
375 /2011	BQ - III - 1, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.18	5.91	0.136	0.08	14.30	1.17	5.10	0.58	0.50	0.54	0.07	6.79
376 /2011	BQ - III - 2, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.30	5.98	0.118	0.08	14.76	1.19	4.75	1.48	0.58	0.48	0.08	7.36
377 /2011	BQ - III - 3, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.39	5.96	0.106	0.08	15.87	1.22	7.69	0.58	0.52	0.52	0.07	9.38
378 /2011	BQ - III - 4, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.42	6.21	0.192	0.09	17.35	1.27	5.45	0.55	0.73	0.56	0.08	7.37
379 /2011	BQ - III - 5, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.36	5.97	0.136	0.08	15.47	1.38	4.32	0.95	0.53	0.48	0.10	6.38
380 /2011	BQ - III - 6, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.52	6.10	0.056	0.07	16.18	1.19	4.80	0.69	0.60	0.65	0.07	6.81
381 /2011	BQ - III - 7, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.36	5.93	0.075	0.08	16.21	1.13	4.87	0.51	0.52	0.35	0.08	6.33
382 /2011	BQ - III - 8, Cultivo quinua, lugar C-QQ, La Paz	6.39	5.92	0.084	0.14	16.10	1.76	4.19	0.60	0.57	0.38	0.07	5.81

OBSERVACIONES: - C.E. Cationes de cambio extraídos con Acetato de amonio 1 N, excepto (*), calcio y magnesio, extraídos con Acetato de sodio 1 N
 Conductividad eléctrica en deciSiemens por metro
 C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico

RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CHUNGARA

Df. Av. 6 de Agosto 2007, Tel: 2433461 - 34300 - 3433677 - 3126357 Fax: (0591) 2 2433063, La Paz - Bolivia
 Casilla 42 21, Tel: 2800055 CIN-Vialcha, Email: ibt@entelnet.bo

Anexo 6.**Informe de Análisis microbiano de suelos**

Responsable: Mayra Claros y Noel Ortuño

Laboratorio de Microbiología Agrícola- Cochabamba

Fundación-PROINPA

	BLOQ I		BLOQ II		BLOQ III	
	bacterias	hongos	bacterias	hongos	bacterias	hongos
30 dde						
T1	31000	2000	92000	9000	65000	5000
T2	103000	17000	120000	1000	37000	7000
T3	63000	8000	68000	9000	286000	10000
T4	134000	153000	73000	15000	44000	13000
T5	155000	6000	82000	7000	20000	11000
T6	93000	23000	43000	12000	226000	10000
T7	120000	7000	20000	6000	89000	7000
T8	16000	6000	144000	1000	150000	7000
60 dde						
T1	25000	64000	212000	39000	334000	28000
T2	128000	37000	82000	16000	373000	19000
T3	46000	13000	254000	12000	38000	32000
T4	262000	28000	417000	35000	359000	28000
T5	104000	23000	94000	13000	165000	28000
T6	376000	32000	56000	46000	279000	15000
T7	214000	29000	104000	41000	258000	30000
T8	248000	18000	185000	37000	76000	13000
90 dde						
T1	94000	10000	0	4000	276000	3000
T2	176000	10000	222000	12000	243000	6000
T3	254000	44000	353000	13000	0	6000
T4	142000	6000	476000	1000	408000	16000
T5	181000	5000	232000	7000	157000	14000
T6	317000	14000	215000	12000	170000	9000
T7	133000	6000	96000	2000	534000	13000
T8	254000	21000	168000	8000	349000	4000

Anexo 7.**Costos de producción por tratamiento para 1 ha (Variedad. Waych´a)**

Preparacion terreno	Unidad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8
roturado	h/tractor	400	400	400	400	400	400	400	400
rastrado	h/tractor	200	200	200	200	200	200	200	200
mullido	h/tractor	100	100	100	100	100	100	100	100
Siembra									
semilla certificada	kg	11200	11200	11200	11200	11200	11200	11200	11200
abono	qq	0	660	660	660	660	660	660	660
transporte	carrera	50	50	50	50	50	50	50	50
Tricobal	kg	0	0	560	560	560	560	560	560
Inoculado de Semilla	jornal	0	0	25	25	25	25	25	25
incorporación abono	jornal		50	50	50	50	50	50	50
Siembra	h/tractor	200	200	200	200	200	200	200	200
Refrigerio	meriend	24	24	24	24	24	24	24	24
Refresco	paquete	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
Coca	libra	30	30	30	30	30	30	30	30
Labores culturales									
Aporque	jornal	630	630	630	630	630	630	630	630
Aplicación Bioinsumos									
Fertisol	litro	0	0	0	150	150	150	150	150
Aplicación de Fertisol	jornal	0	0	0	50	50	50	50	50
Vigortop	litro	0	0	0	450	450	300	300	300
Aplicación de Vigortop	jornal	0	0	0	50	50	50	50	50
Acaritop	litro	0	0	0	150	75	150	0	150
Aplicación de Acaritop	jornal	0	0	0	50	50	50	0	50
Fungitop	litro	0	0	0	225	0	0	0	0
Aplicación de Fungitop	jornal	0	0	0	50	0	0	0	0
Bauvetop	litro	0	0	0	0	0	0	100	100
Aplicación de Bauvetop	litro			0	0	0	0	50	50
Control fitosanitario									
adherente	litro	0	0	0	50	50	50	50	50
Cosecha									
Cavado	jornal	1500	2500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Alimentación	almuerzo	300	300	300	300	300	300	300	300
Refresco	paquete	70	70	70	70	70	70	70	70
Coca	libra	60	60	60	60	60	60	60	60
selección	jornal	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
bolsas	bolsas	300	430	325	450	315	305	410	480
almacenado	jornal	250	250	250	250	250	250	250	250
Costo total		16582	18422	17902	19252	18767	18682	18737	19007

Anexo 8.
Registro fotográfico de las actividades realizadas en la investigación.



Fotografía 1. Aplicación de estiércol en cada tratamiento



Fotografía 2. Aporque en el cultivo



Fotografía 3. Parcela Experimental



Fotografía 4. Evaluación de las primeras plantas en floración



Figura 5. Toma de muestras de suelo para análisis Microbiológico



Figura 6. Preparación de medios de cultivo estéril TSA y PDA.

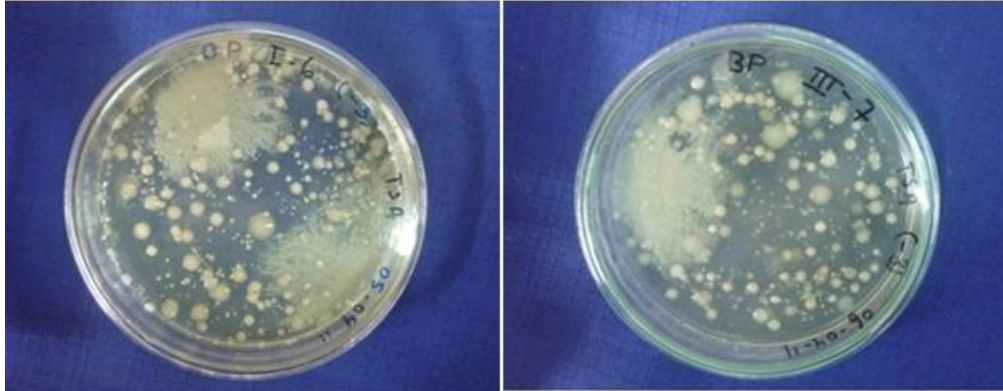


Figura 7. Conteo de bacterias TSA (Tryptic Soy Agar) en placas petri.