

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOINSUMOS PARA EL CONTROL
DE LA ENFERMEDAD MANCHA PLATEADA (*Helminthosporium
solani*) EN EL CULTIVO DE PAPA NATIVA (*Solanum stenotonum*)
EN LA COMUNIDAD DE COLOMI, COCHABAMBA**

Presentado por:

Jakelin Mercedes Limachi Villalba

La Paz - Bolivia

2010

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOINSUMOS PARA EL CONTROL DE LA
ENFERMEDAD MANCHA PLATEADA (*Helminthosporium solani*) EN EL
CULTIVO DE PAPA NATIVA (*Solanum stenotomum*) EN LA COMUNIDAD DE
COLOMI, COCHABAMBA**

*Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar el Título de
Ingeniera Agrónoma*

Jakelin Mercedes Limachi Villalba

ASESOR:

Dr. David Cruz Choque.....

Ing. M. Sc. Pablo Mamani Rojas

Ing. Juan Almanza Antezana.....

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. Eduardo Oviedo Farfán.....

Ing. Celia Fernández Chávez.....

Ing. Freddy Porco Chiri.....

APROBADO
PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR

DEDICATORIA

AL SACRIFICIO DE MI MAMÁ BASILIA VILLALBA, POR SU PACIENCIA Y APOYO INCONDICIONAL DURANTE TODOS ESTOS AÑOS.

"GRACIAS MAMITA POR SER COMO ERES"

A LA COMPRESIÓN DE MIS HERMANOS FREDDY, FATTY, REYNALDO Y ALEX

GRACIAS A MI FAMILIA!! POR DARME LA FUERZA PARA SEGUIR ADELANTE, POR SU FUENTE DE AMOR, COMPRESIÓN, GUIA Y TOLERANCIA, HASTA VER REALIZADO MIS SUEÑOS.

LOS QUIERO MUCHO!!

JAKELIN

AGRADECIMIENTO

A DIOS

DIOS te doy las gracias por toda la fuerza, el apoyo y la tranquilidad que me has entregado desde siempre, ayudándome con ello a salir adelante en los momentos difíciles de mi carrera. Por darme la luz de la sabiduría y ser artífice de mis sueños alcanzados y todas las bendiciones recibidas.

“Gracias señor por estar conmigo en cada instante de mi vida”

A LA CASA DE ESTUDIOS

A la prestigiosa casa de estudios Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica al Sr. Decano Ph. D. Ing. René Chipana Rivera, Sr. Vicedecano Ing. Ramiro Mendoza Nogales, Sr. Director de la Carrera Dr. David Cruz Choque y a los catedráticos, por todas las doctrinas impartidas durante mi formación académica.

A LA FUNDACION PROINPA COCHABAMBA

Gracias a la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) Cochabamba, al personal técnico administrativo y de campo por haber auspiciado la presente TESIS. Y a todos los comunarios en general por haberme permitido residir y compartir su cotidiano vivir, haciéndome participe de sus conocimientos y saberes sin límites, especialmente a Don Félix y su querida Esposa.

ASESORES

Doy gracias a mis Asesores: Ing. M. Sc. Pablo Mamani Rojas, Ing. Juan Almanza Antezana y al Dr. David Cruz Choque, por el tiempo y dedicación brindada, por sus consejos y la cooperación desinteresada para dar conclusión a la presente investigación.

REVISORES

Al tribunal revisor: Ing. Eduardo Oviedo Farfán, Ing. Celia Fernández Chávez y al Ing. Freddy Porco Chiri, por la revisión del Documento y sobre todo por las sugerencias brindadas para generar una mejor presentación del trabajo realizado.

A LOS QUE ME APOYARON

Agradezco por la Amistad de aconsejarme con sus conocimientos a: Ing. Gabriela Veizaga Lita y el Dr. Max Mamani por todo el apoyo moral y confianza.

A LOS AMIGOS

Mis mas afectos para todos mis compañeros que siempre me apoyaron con el más profundo sentimiento de la Amistad: Patricia Estrada y con los que compartí en la Facultad de Agronomía: componentes del Grupo A+U y R del O

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Justificación.....	2
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
3.1. Origen y Evolución de la Papa Nativa.....	3
3.2. Historia de la papa nativa.....	4
3.3. Importancia socioeconómica del cultivo de la papa nativa.....	5
3.4. Las papas nativas de Bolivia.....	6
3.5. Características agronómicas de la papa nativa.....	6
3.5.1. Descripción morfológica.....	6
3.5.2. Calidad del tubérculo.....	7
3.5.3. Características agronómicas.....	7
3.5.4. Zona de producción.....	7
3.5.5. Pinta boca.....	7
3.6. Importancia de la enfermedad.....	7
3.6.1. Síntomas de la enfermedad.....	8
3.6.2. Características del patógeno.....	9
3.6.3. Epidemiología.....	10
3.6.4. Problemas que ocasiona.....	11
3.6.5. Ciclo de la enfermedad.....	11
3.7 Bioinsumos.....	13
3.7.1 Bacillus amyloliquefaciens.....	14
3.7.2 Bacillus subtilis.....	14
3.7.3 Trichoderma.....	15
IV. LOCALIZACION.....	16
4.1. Clima.....	17
4.2. Suelo.....	17
4.3. Mapa geográfico de Colomi.....	18

V. MATERIALES Y METODOS.....	19
5.1. Materiales.....	19
5.1.1. Materiales y equipos de campo.....	19
5.1.2. Bioinsumos.....	19
5.1.3. Material vegetal.....	19
5.2. Metodología.....	19
5.2.1. Preparación del terreno.....	19
5.2.2. Siembra.....	19
5.2.3. Fertilización.....	20
5.2.4. Bioinsumos.....	20
5.2.5. Labores culturales.....	20
a) Aporque.....	20
5.2.6. Cosecha.....	20
5.3. Variables de respuesta.....	21
5.3.1. Emergencia.....	21
5.3.2. Altura de la planta.....	21
5.3.3. Cobertura foliar.....	21
5.3.4. Número de tallos.....	21
5.3.5. Rendimiento.....	21
5.3.6. Evaluación de Mancha Plateada en el tubérculo a la cosecha.....	22
a) Incidencia.....	22
b) Severidad.....	22
5.3.7. Análisis económico.....	22
5.4 Diseño experimental.....	23
5.4.1 Factores de estudio.....	23
5.4.2 Modelo lineal.....	23
5.4.3 Croquis del ensayo.....	24
VI. RESULTADOS.....	25
6.1. Parámetros climáticos.....	25
6.1.1. Temperatura.....	25
6.1.2. Precipitación.....	26
6.2 Variables agrofisiológicas.....	27
6.2.1. Porcentaje de emergencia.....	27
6.2.2. Altura de planta.....	29
6.2.3. Cobertura foliar.....	33
6.2.4. Numero de tallos.....	34
6.2.5. Rendimiento.....	35

6.3. Sanidad.....	37
6.3.1. Incidencia de <i>Helminthosporium solani</i>	37
6.3.2. Severidad de <i>Helminthosporium solani</i>	40
6.4. Análisis de la tasa de Retorno Marginal por el uso de microorganismos.....	44
VII. CONCLUSIONES.....	50
VIII. RECOMENDACIONES.....	52
IX. BIBLIOGRAFIA.....	53
ANEXOS.....	60

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Análisis de Variación para el porcentaje de Emergencia.....	28
CUADRO 2. Análisis de Variación para el porcentaje para la Altura de Planta.....	29
CUADRO 3. Análisis de Variación para el porcentaje para la Cobertura Foliar.....	33
CUADRO 4. Análisis de Variación para el porcentaje para el Número de Tallos.....	34
CUADRO 5. Análisis de Variación para el porcentaje para el Rendimiento de papa.....	35
CUADRO 6. Promedio de Incidencia por tratamientos.....	37
CUADRO 7. Promedio de Severidad por tratamientos.....	41
CUADRO 8. Presupuesto parcial de un ensayo sobre la aplicación de bioinsumos en diferentes dosis en el cultivo de papa nativa.....	45
CUADRO 9. Análisis de Dominancia de un ensayo sobre la aplicación de bioinsumos.....	46
CUADRO 10. Análisis Marginal sobre la aplicación de bioinsumos en diferentes dosis en el cultivo de papa nativa.....	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la temperatura durante la ejecución del estudio Gestión 2007 – 2008 en la Comunidad de Colomi.....	25
Figura 2. Evolución de la precipitación durante la ejecución del estudio Gestión 2007 – 2008 en la Comunidad de Colomi.....	26
Figura 3. Variación de la Altura de planta evaluado a los 108 (dds), por efecto de tres bioinsumos aplicado en diferentes dosis al cultivo de papa.....	30
Figura 4. Efecto de los bioinsumos aplicados en sus diferentes dosis al suelo en el momento de la siembra, en la evolución de la Altura de planta del cultivo de papa en función del tiempo.....	31
Figura 5. Efecto de la aplicación de los bioinsumos biocontroladores en el Rendimiento del cultivo de la papa nativa.....	36
Figura 6. Efecto de la aplicación de los bioinsumos biocontroladores sobre la Incidencia de la enfermedad <i>Helminthosporium solani</i> , que afecta al tubérculo de papa.....	39
Figura 7. Efecto de tres bioinsumos sobre la Severidad de la enfermedad <i>Helminthosporium solani</i> , que afecta al tubérculo de papa.....	42
Figura 8. La curva de Beneficios Netos, ensayo sobre la aplicación de bioinsumos en el cultivo de papa nativa.....	46

RESUMEN

La zona del altiplano Boliviano, presenta factores adversos como ser: climáticos y también la presencia de plagas y enfermedades, siendo el cultivo de papa nativa muy susceptible a estos patógenos. Para prevenir las altas incidencias de ataque de la enfermedad se realizó la siguiente investigación: “Efecto de la aplicación de *Bacillus amyloliquefasciens*, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma spp.* para el control de la enfermedad *Helminthosporium solani* en el cultivo de la papa nativa (*Solanum stenotomum*) en el municipio de Colomi, Cochabamba”.

Este trabajo fue realizado en el Municipio de Colomi ubicada a 107 Km del Departamento de Cochabamba. La fundación PROINPA evidenció en la zona la alta incidencia de la enfermedad *Helminthosporium solani*, la cual afecto bastante en los rendimientos del cultivo de papa nativa.

El trabajo de investigación fue conocido bajo el diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial con tres repeticiones, el material vegetal utilizado fue semilla de papa nativa (*Solanum stenotomum ssp.*) de la variedad Pinta boca en una superficie de 450 m².

Se incorporo tres tipos de microorganismos *Bacillus amyloliquefasciens*, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma Spp.*, se realizó antes de la siembra en sus diferentes dosis de aplicación, con la finalidad de producir alimentos sanos sin residuos tóxicos y de alta calidad nutritiva.

Los mejores resultados obtenidos fueron en las variables altura de planta con un promedio 52,77 cm, con la aplicación del microorganismo *Trichoderma*, aplicado en una dosis de 40 kg/ha, y el rendimiento con un promedio de 9122 kg/ha aplicado con el microorganismo *Trichoderma*. Respecto al porcentaje de Incidencia de la enfermedad *Helminthosporium solani*; se observó que el menor porcentaje que se obtuvo fue el tratamiento aplicado con el microorganismo *Trichoderma* con 35,13% respecto al testigo y la Severidad de *Helminthosporium solani* se observó el de menor porcentaje fue de 20% aplicado con el microorganismo *Trichoderma* por lo que se afirma que efectivamente esta práctica reduce la Incidencia y Severidad de la papa nativa. Es necesario recomendar esta práctica para prevenir las enfermedades en gestiones agrícolas posteriores.

Con relación al análisis económico lo más rentable en el cultivo de papa nativa es la aplicación con el microorganismo *Trichoderma* en su aplicación de 40 kg/ha, obteniéndose así un beneficio neto de 4,18 Bs.

I. INTRODUCCION

La papa es conocida en América hace 10,500 años atrás, por los Collas que habitaban en el altiplano a orillas del lago Titicaca y por los Tihuanacotas, que habitaban al Sur del Rio Bio-Bío, los cuales basaron su alimentación en el cultivo de la papa.

Bolivia, como parte de la región andina, es centro de origen y domesticación de numerosas especies alimenticias. Los tubérculos andinos presentan amplia diversidad genética. Los aportes nutricionales, ecológicos y económicos de la diversidad en los tubérculos andinos son fundamentales para la sostenibilidad de los sistemas de agricultura tradicional de los Andes.

Bolivia es uno de los países que cuenta con más diversidad de papa ya que existen hasta 100 variedades nativas, principalmente en las regiones paperas como: Cochabamba, La Paz, Potosí, Chuquisaca, Oruro, Tarija y Santa Cruz, por lo cual es catalogada como un país papero por excelencia, estas regiones muestran marcadas diferencias en altitud, clima, suelos y fisiografía.¹

Por ello existen variedades nativas que se producen exclusivamente en regiones frías y tienen una amplia gama de adaptación.

Los cambios ocurridos en los últimos 30 años especialmente aquellos relacionados con la urbanización, han traído como consecuencia cambios en los hábitos de consumo y los sistemas de producción campesina. En este contexto, se ha observado una marcada reducción en la producción de consumo y utilización de las variedades nativas de papa, debido a que no se difunde las características nutricionales de las diferentes variedades existentes en nuestro Andino Boliviano.²

La papa es uno de los principales cultivos agrícolas, de mayor producción económica y alimenticia en Bolivia, sin embargo es seriamente afectada por el hongo *Helminthosporium solani*, dándole un mal aspecto al tubérculo en la compra y venta.

¹ VALDERRAMA, 2008

² PAPAS BOLIVIANAS, 2005

1.1. Justificación

Por tal razón la Fundación PROINPA de Cochabamba, a través de esta investigación busca obtener una producción orgánica con nuevas opciones para que sustituyan el uso de productos químicos. Con productos orgánicos, es posible reducir la contaminación del ambiente y así practicar una agricultura ecológica.

Es así que el uso de bioinsumos nos permitirá reducir la enfermedad de la Mancha plateada causada por el hongo (*Helminthosporium solani*), que afecta la calidad de la papa nativa con fines de mercado, ocasionando pérdidas por pudrición que pueden cubrir total o parcialmente la superficie de todos los tubérculos almacenados.

Este problema de la enfermedad, adquiere aún más importancia, por el hecho de que cada vez se están detectando mayores cantidades de cepas del hongo, que son resistentes a los productos químicos. Este antecedente, caracteriza a *H. solani*, como un agente muy perjudicial, que afecta cada vez en mayor proporción, el rendimiento comercial de la papa, lo que hace que los beneficios económicos se vean disminuidos.

Se debe tener en cuenta que un solo método de control no basta para erradicar una enfermedad de forma eficaz y duradera, es necesario integrar varias prácticas. Ninguna de estas por si sola abarca todos los aspectos que deben considerarse para obtener un cultivo sano y económicamente rentable.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Efecto de la aplicación de bioinsumos para el control de la enfermedad Mancha plateada (*Helminthosporium solani*) en el cultivo de papa nativa (*Solanum stenotomum spp.*) en la Comunidad de Colomi, Cochabamba”.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los bioinsumos *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp. en el comportamiento agrofisiológico y la productividad de la papa nativa.
- Determinar el efecto de los bioinsumos *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp. en el control de *Helminthosporium solani*.
- Analizar la Tasa de Retorno Marginal por el uso de los bioinsumos en el cultivo de papa nativa.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1. Origen y Evolución de la Papa Nativa

Originaria de la zona andina de América del Sur, la papa es una de las plantas con mayor diversidad genética, pero la evolución de su cultivo comercial en el mundo se ha basado en una sola especie, la *Solanum tuberosum*. La llamada papa nativa tiene características distintas entre ellas una forma más irregular de la papa comercial o mejorada.³ Según el Centro Internacional de la Papa⁴, se producen en Perú tres millones de toneladas de papa nativa al año, que representan solo 28 por ciento del total nacional.

La subespecie *andigenum* es nativa de los Andes del Perú y se distribuye desde Venezuela hasta el Nor Oeste de Argentina.

Esta se expandió especialmente a zonas bajas de Ecuador, Colombia y Venezuela. De este modo, la gran mayoría de papas cultivadas se originó y evolucionó en los Andes peruano-bolivianos. Esto es cierto especialmente para nuestras papas nativas, que en gran número de cultivares pertenecen a *S. tuberosum* sub sp. *andigena*. El origen y evolución de la papa común tuvieron

³ MADIGAN, et al., 2005

⁴ CIP, 2000

otro medio geográfico al resto de las papas cultivadas que en el Perú llaman papas nativas.⁵

Estas variedades son tolerantes a las enfermedades, factores climatológicos y plagas. Además en el Norte Potosí la papa no solo es importante en términos alimentarios y económicos, sino sobre todo, porque es parte de la cultura en las comunidades andinas de los Ayllus.⁶

3.2. Historia de la papa nativa

Según la PCBRTA. De las 5.000 variedades de papas cultivables que existen en el mundo, Bolivia tiene 1.400, un dato que hace bastante tiempo se conoce y puede que no sea una novedad para muchas personas. Lo curioso es que el 70% de las que predominan en el mercado nacional, y las que más se consumen, son sólo dos: waycha, holandesa y únicamente una de ellas es nativa del país. ¿Qué ocurre con las restantes? Pues quedan repartidas en pequeñas parcelas para consumo de sus cada vez más escasos productores, y es evidente que van perdiendo terreno en relación con las variedades que mejor se comercializan, incluso muchas de ellas ya no se cultivan.⁷

Existen entre 400 y 500 variedades que ya no se cultivan como se hacía décadas atrás y la tendencia es que cada vez se siembra menos. Pero, gracias a la visita de los comunarios al banco, han podido reconocer algunas variedades que sus abuelos cultivaban y con ese registro han podido reinsertarlas como parte de sus cultivos.

Los productores de papa buscan y quieren promover la preservación tradicional de las variedades, las cuales eran utilizadas por sus antepasados sólo en ocasiones especiales.⁸

Sus formas, redondas, alargadas, planas y los colores de la piel y la pulpa, desde el blanco crema, crema con morado, crema con rojo, pasando por el rojo

⁵ MDSP, 2008

⁶ CIP – PERU, 2005

⁷ PCBRTA, 1995

⁸ LUCIO, I. et al., 2000

fuerte y el morado hasta el azul y un negro intenso, hacen de la papa una sinfonía también de colores.⁹

3.3. Importancia socioeconómica del cultivo de la papa nativa

Es conocido en la región Altiplánica de Bolivia, que en el Norte de Potosí y Oruro existen más de 220 variedades entre Lukis, Huaykus y Phiñus, con diferentes colores de la cascara, pulpa, sabores y formas.

Las variedades de papa Pinta boca y la Puca candelero se las ha empezado a comercializar en los supermercados de Santa Cruz, dentro de una línea de mercadería fresca, seleccionada y previamente lavada. Los productores han tenido ingresos sustanciales y buenas ganancias, lo que alienta su cultivo.¹⁰

Si hablamos de la importancia de la papa, el Gerente General de PROINPA, Antonio Gandarillas mencionó que este alimento es de vital importancia no solamente porque es de gran consumo de la población si no que llega a proveer más del 60% de las calorías diarias y porque miles de familias viven de su producción.

Según los datos proporcionados por PROINPA, en todo el país más de 2 mil familias bolivianas viven del cultivo de papa y al año se producen un promedio de 652 mil toneladas.

Gandarillas informó que la importancia de la papa en el país también tiene que ver con el hecho de que este es un producto que se encuentra en todas las regiones de Bolivia privilegio del cual no gozan otras naciones, pues aunque el producto tiene presencia en todas partes del mundo, no todos pueden degustar las variedades de este tubérculo que se producen.

En nuestro departamento los municipios que producen en mayor cantidad este alimento son: Tacopaya, Alalay, Vacas y Pasorapa seguidos de Morachata, Bolívar, Sicaya, Pojo, Capinota, Toco, Tacachi, Sacaba, Vila Vila, Tiraque, Pocona y Omereque.¹¹

⁹ CIAL, 2007

¹⁰ WILLIAN, G. et al., 2005

¹¹ PROINPA, 2008 Antonio Gandarillas

3.4. Las papas nativas de Bolivia

La variabilidad de papa nativa se cultiva en diversos pisos agroecológicos eminentemente paperas de La Paz, Potosí, Chuquisaca, Oruro, Tarija y Santa Cruz, estas regiones muestran marcadas diferencias en altitud, clima, suelos y fisiografía. Por ello existen variedades nativas que se producen exclusivamente en regiones frías como: Lukis, Ajahuri, Imillas, Palas, Palis, Q'oyllus y Katis.¹²

Las papas nativas deben ser consideradas como un cultivo diferente al de las papas mejoradas. Las papas nativas tienen mejor calidad culinaria y alto porcentaje de materia seca, la cual presenta buenas perspectivas para su comercialización por su sabor y textura, se puede almacenar hasta 8 meses, los tubérculos se arrugan y endulzan, son producidos en parcelas con más de 5 años de descanso en la que producen mejor en suelos de tierra negra. El nombre se debe a que la piel y la pulpa tienen un pigmento morado que llega a teñir los dedos y la boca al pelar y comer (PROINPA, 2003).

Generalmente se cultivan sobre los 3,500 m de altitud y sus requerimientos de suelos son muy específicos y son más susceptibles a enfermedades como roña, carbón, mancha plateada, verruga, rancho y a insectos como la polilla y el gorgojo.¹³

3.5. Características agronómicas del cultivar Pinta boca¹³

3.5.1. Descripción morfológica

- ❖ Color de la flor: Morado
- ❖ Forma de la flor: Rotácea
- ❖ Grado de floración: Profuso
- ❖ Color de tallo: Verde con abundante pigmentación
- ❖ Disección de hoja: Apenas disectada
- ❖ Forma del tubérculo: Oblonga, alargada, tuberosada con ojos profundos
- ❖ Color de la piel: Negro
- ❖ Color de la pulpa: Crema con algunos jaspes de color violeta

¹² PAPAS BOLIVIANAS, 2005

¹³ BERTSCHINGER, L. et al., 2000

3.5.2. Calidad del tubérculo

- ❖ Calidad culinaria: Buena para hervir
- ❖ Glicoalcaloides: Bajo contenido (no amargo)

3.5.3. Características agronómicas

- ❖ Habito de crecimiento: Decumbente
- ❖ Ciclo vegetativo: Tardío (150 a 180 días)
- ❖ Rendimiento: De 8 a 15 Ton/ha
- ❖ Almacenamiento: De 4 a 6 meses

3.5.4. Zona de producción

- ❖ Cochabamba: Chapare (Colomi-Candelaria)
- ❖ Rango de adaptación: 3500 a 4000 msnm

3.5.5. Pinta boca

- ❖ Especie: *Solanum stenotomum*
- ❖ Ploidía: $2n = 2x = 24$
- ❖ Número de registro: 3014827

3.6. Importancia de la enfermedad

Sarna Plateada (Silver scurf): es una enfermedad causada por el hongo *Helminthosporium solani*, afecta al peridermo del tubérculo alterando su apariencia y calidad de procesamiento afectando el rendimiento en el almacenaje que produce un efecto deletéreo sobre el aspecto y la comercialización de la papa, especialmente en los cultivares de piel roja.¹⁴

La importancia directa de la acción de este hongo, en los tubérculos de papa, se debe al daño estético, producto de manchas plateadas que se encuentran en su superficie. Dicho plateado, posteriormente se traduce en una importante deshidratación, que implica una pérdida de peso y vigor.¹⁵

La sarna plateada, es una de las enfermedades más comunes que se presentan sobre los tubérculos de papa nativa. En el pasado, se le consideraba un problema de importancia económica menor. Sin embargo en la actualidad, ha ido adquiriendo mayor importancia por el rechazo que puede ocasionar en la

¹⁴ SMITH, et al., 1992

¹⁵ MAHONEY y CHRIST, 2001

comercialización de papas para los mercados externos, principalmente aquellos donde la papa es lavada antes de su venta.¹⁶

En la actualidad, este patógeno no tiene un control efectivo, y su tratamiento químico eleva los costos de producción y presenta mayor riesgo de contaminación del medio ambiente.¹⁷

Las enfermedades ocasionan perjuicios directos como el caso de las categorías:¹⁸

Aniquiladores: Agrupa aquellas enfermedades y daños que destruyen por completo un cultivo o eliminan de manera que solo quedan restos de la misma.

Limitantes: En algunas regiones, no se pueden cultivar porque las condiciones son desfavorables, por causas ambientales o por las enfermedades que se presentan en la región.

Debilitadores: Se incluyen aquellas enfermedades y daños que no parecen graves ocasionan perjuicios apreciables en la producción ya que lesionan el área foliar y el sistema radicular, causando disminución en la cosecha.

Devastadores: En esta categoría agrupamos aquellas enfermedades y daños que son constantes amenazas para los cultivos produciendo epidemias que llegan a eliminarlo.

Desfigurantes: En esta categoría se incluyen a las enfermedades y daños, estas si bien no ocasionan pérdidas en cantidad, simplemente que desvalorizan al producto, tomándolos de calidad inferior. Ejemplo, mancha plateada de la papa *Helminthosporium solani* o denominado la sarna plateada, etc.

3.6.1. Síntomas de la enfermedad

La costra plateada de la papa es causada por el hongo *Helminthosporium solani*. No causa pérdida de rendimientos a la cosecha, pero los tubérculos en almacenamiento pierden peso por deshidratación. Las áreas afectadas presentan un brillo plateado característico, fácilmente observables cuando la

¹⁶ GUTIERREZ, 2000

¹⁷ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (SAG), 2000

¹⁸ PORCO, 1999

superficie de los tubérculos esta húmeda. Con la edad el color de estas partes afectadas tiende a oscurecerse.¹⁹

La enfermedad se presenta como pequeños puntos circulares definidos de color castaño claro y márgenes indefinidos que se agrandan hasta cubrir áreas considerables del tubérculo. Si el área comprometida es muy extensa, los tubérculos se deshidratan.²⁰

Estas pueden ser grisáceas, platinadas, puntuaciones negras, lo cual lleva a la pérdida de viabilidad del tubérculo, bajo estas condiciones se desarrolla una cubierta negra, en forma de ollín, que corresponde al micelio del hongo.²¹

Los síntomas pueden no ser visibles sobre el tubérculo, hasta que éste es lavado. Estos son, especialmente distinguibles en cultivares de colores, los tubérculos utilizados como semillas fuertemente infectados sufren retrasos en la brotación.²²

Las lesiones, son pequeñas al momento de la cosecha, pero estas se agrandan durante el almacenaje. Si un gran porcentaje de la superficie es afectada, los tubérculos pueden arrugarse durante el almacenaje, por causa de excesivas pérdidas de humedad.²³

Las células de corcho de la peridérmis, que son invadidas por las hifas del hongo, pueden eventualmente desprenderse. Producto de la destrucción de la pared de estas células, se forman paquetes de aire entre aquellas dañadas. A estos paquetes de aire, se les acredita la apariencia casposa, que se produce sobre la superficie del tubérculo. De esta forma, se produce un incremento en la pérdida de agua desde la superficie del tubérculo.²⁴

¹⁹ AGRIOS, 1998

²⁰ TODOPAPA, 2007

²¹ GUTIERREZ, 2000

²² SNOWDON, 1991

²³ BAINS, et al., 1997

²⁴ MAHONEY y CHIRST, 2001

3.6.2. Características del patógeno

Helminthosporium solani Dur. And Mont. tiene el micelio hialino septado, ramificado, que toma una coloración castaña con la edad. Los conidióforos son septados sin ramificaciones, sobre los cuales se forman las conidias en disposición verticilada a partir del extremo distal de las células. Las conidias tienen hasta 8 septos, miden 7 a 8 x 16 a 64 micras, son de colores castaños oscuros, redondeados en la base y agudos en el vértice.²⁵

3.6.3. Epidemiología

La transmisión del hongo es mayormente por medio de la semilla infectada; en menor proporción puede transmitirse por el suelo. La infección se realiza antes de la extracción de los tubérculos del suelo a través de las lenticelas y del peridermo.

Cuando mayor es la permanencia de los tubérculos maduros en el suelo mayores son las probabilidades de infección y severidad de la enfermedad. Las condiciones mínimas para la infección son de 30 a 90% de humedad relativa. El incremento de la enfermedad continúa en almacenaje, produciéndose además la infección de tubérculos sanos.²⁶

La propagación de las esporas, se produce en el interior de la bodega, y se ve incrementada con el movimiento de los tubérculos y la manipulación de estos.

Importantes pérdidas de vapor de agua o una transpiración incrementada se puede apreciar por agentes que causan sarnas. Estudios realizados recientemente ha demostrado que este patógeno afecta severamente la turgencia del tubérculo, permitiendo la salida de agua de los tejidos en una forma acelerada, en comparación con ejemplares sanos que mantienen ésta firmeza por períodos mucho más largos.²⁷

²⁵ CONTRERAS, 2005

²⁶ TORREZ, 2002

²⁷ CIAMPI, 2002

3.6.4. Problemas que ocasiona

Afecta la calidad del tubérculo, los síntomas se hacen más evidentes en cultivares de piel roja y cuando los tubérculos son comercializados libres de restos de suelo. El hongo *H. solani* es el que más incidencia ha tenido en los últimos años sobre la papa nativa y ha pasado de ser un agente intrascendente a uno de gran relevancia.²⁸

A medida que las lesiones son más amplias sobre la piel del tubérculo, la pérdida de humedad se incrementa.²⁹

3.6.5. Ciclo de la enfermedad

La enfermedad, puede ser introducida a través de semillas infestadas y la infección de una nueva progenie de tubérculos, puede ocurrir nueve semanas después de la plantación. Las esporas no son móviles, y el movimiento hacia los tubérculos es vía estolones.³⁰ La infección de los tubérculos hijos suelen ocurrir sólo después de que el cultivo ha madurado completamente, siendo realizada la penetración del hongo vía lenticelas, o bien directamente a través de la piel por medio de apresorios.

El tubérculo semilla, es considerado la fuente primaria de inóculo. Sin embargo, propagulos de *H. solani*, son capaces de sobrevivir en el suelo y causar infección.³¹ Este hongo, puede sobrevivir en el suelo, a través de la materia orgánica en descomposición.³² Se ha comprobado en estudios realizados, que *H. solani* es capaz de colonizar tejidos senescentes in-vitro lo cual indica, que éstos pueden tener una habilidad saprofitica natural en el suelo.³³

El hongo, se disemina principalmente en el almacenaje, desde los tubérculos enfermos hacia los sanos, provocando infecciones más severas, en aquellos tubérculos con heridas. El máximo desarrollo y expansión de la enfermedad, se produce durante las 2 a 3 primeras semanas de almacenaje.

²⁸ CIP y CARE, 2002

²⁹ ARCA, 1995

³⁰ SECOR, 2000

³¹ MERIDA y LORIDA, 1994

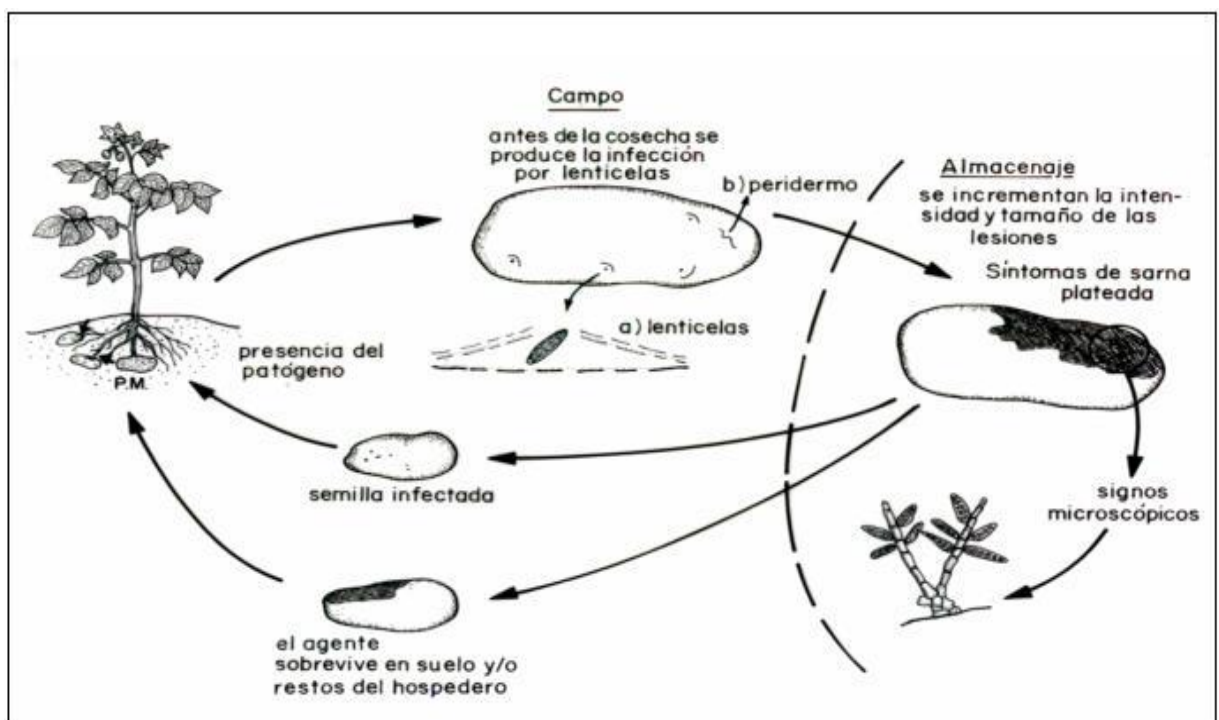
³² SHETTY, K. et al., 1996

³³ OLIVER. et al., 1996

En el tubérculo, el hongo puede esporular entre un rango de temperatura que va entre los 25 - 27°C, retardándose su crecimiento a los 9°C. La humedad relativa, también es un factor importante en la esporulación, en un rango entre 90%.

H. solani es un patógeno que no es típicamente de campo, no ataca raíces ni estolones, pero sí tubérculos. Tampoco la planta manifiesta síntomas secundarios, por el posible efecto a las papas hijas. La fuente primaria de inoculó de *H. solani*, es el tubérculo semilla de papa. Esto indica que en la cosecha, los tubérculos ya pueden venir infectados, señalan que la infección puede tomar lugar antes de la cosecha.³⁴

La propagación de las esporas, se produce al interior de la bodega, y se ve incrementada con el movimiento de los tubérculos, y la manipulación de estos. Por otra parte, corrientes de aire producto de la ventilación al interior de la bodega, también aumenta la dispersión de esporas en el ambiente.



FUENTE: UCLA (2005). Agente causal de *Helminthosporium solani*

³⁴ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (SAG), 2000

3.7. Bioinsumos

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.

El control biológico de patógenos del suelo, a través de la adición de bioinsumos antagonistas, es un medio no químico (no contaminante) potencial para el control de las diferentes enfermedades. Por lo tanto es necesario reducir la variabilidad y garantizar su persistencia en el campo para convertir a los hongos biocontroladores en una alternativa atractiva al uso de pesticidas químicos.³⁵

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 falta de químicos persistentes.³⁶

Generar uno o más productos biológicos con resultado erradicativo de la población del patógeno, implica mejorar la rentabilidad del cultivo de papa. Hay un mercado potencial, para este tipo de soluciones biológicas, que se está expandiendo en Bolivia y que se relaciona con la agricultura orgánica.

El control biológico es en esencia una reducción de la densidad del inculó o de las actividades de un patógeno que produce una enfermedad, por uno o más organismos, en forma natural o a través de la manipulación del medio ambiente, hospedero o antagonista, o por la introducción de una población de uno o más antagonistas.

El control biológico es en consecuencia, un “manejo integral de poblaciones”, correspondiendo a una acción específica dirigida no tan sólo a un patógeno, como lo es al aplicar un producto químico.³⁷

³⁵ THRANE, C.; LUBERCK, M. 1995

³⁶ PROINPA, 2008

³⁷ HODA, et al. 2000

3.7.1. *Bacillus amyloliquefaciens*

B. amyloliquefaciens fue descubierto en el suelo en 1943 por un científico japonés llamado Fukumoto, que le dio a la bacteria su nombre de amyloliquefaciens.

Es una bacteria radicular que fue aislada y seleccionada por su capacidad de promover el crecimiento radicular y aumentar la resistencia de la planta frente a factores abióticos y bióticos. El producto contiene rizobacterias promotoras del crecimiento. El éxito del uso de la bacteria depende siempre de su aplicación preventiva, enriqueciendo el suelo de sus cultivos. Este producto tiene excelentes propiedades como estimulador del crecimiento radicular y como protector de la raíz, siendo especialmente efectiva en la protección contra todo tipo de hongos patógenos del suelo.

La alfa amilasa de *B. amyloliquefaciens* se usa a menudo en la hidrólisis del almidón. *B. amyloliquefaciens* es también una fuente de subtilisina, una enzima que cataliza la ruptura de las proteínas de forma similar a la tripsina.

3.7.2. *Bacillus subtilis*

Las bacterias antagonistas, forman parte de un numeroso grupo de microorganismos del suelo y de la rizósfera. Aunque la microflora cerca de la raíz, es considerada como la primera línea de defensa en el sistema radicular contra el ataque de patógenos, muy pocas bacterias tienden a ser descritas individualmente como antagonistas capaces de controlar patógenos de las raíces. Las únicas especies utilizadas como control biológico en este caso son *Bacillus* spp. y muy pocas bacterias del género *Arthrobacter* y *Pseudomonas*. Estas bacterias fueron seleccionadas y reintroducidas al suelo para controlar patógenos, aun cuando son habitantes naturales de la rizósfera en plantas. Esto puede ser explicado por el mecanismo que usan estos bioinsumos para el control biológico, donde fueron seleccionados por la capacidad de producir antibióticos; esta propiedad ocurre con frecuencia en las especies de *Bacillus*.³⁸

³⁸ RODRIGUEZ y JULIA, 2006

B. subtilis es una bacteria Gram positiva de forma bacilar, cuyo hábitat natural es el suelo, viven entre los límites de temperatura de 55 - 70 °C, y su límite inferior de pH es de 2 a 3. Esta bacteria produce endosporas, estructuras altamente resistentes y viables por períodos de tiempo inconmensurables, estas también pueden ser invulnerables a factores físicos perjudiciales como la desecación, radiación, ácidos y desinfectantes químicos.³⁹

La bacteria *Bacillus subtilis* no es potencialmente patógena, no produce endotoxinas y secreta proteínas al medio, algunas de ellas con propiedades antifúngicas, como la subtilina y otros antibióticos de la familia de las iturinas. La subtilina liberada por *Bacillus subtilis* actúa sobre la pared celular de los hongos.⁴⁴

Es una bacteria del suelo muy abundante en la rizosfera de plantas recién germinadas. El ingrediente activo de productos basados en esta bacteria está constituido por la misma bacteria y los metabolitos que produce. La bacteria se establece en la rizosfera del cultivo tratado y coloniza el sistema radical compitiendo con los organismos patógenos que atacan a ese nivel. Su mecanismo de acción es por antagonismo el cual es logrado de varias maneras como competencia por nutrientes, exclusión, colonización y unión de la bacteria a el hongo patógeno. También puede actuar como inductor de resistencia contra patógenos bacteriales. Puede detener la germinación de esporas patógenos de plantas, distorsionar el desarrollo del tubo germinativo e inhibir la unión del patógeno a la hoja.

3.7.3. Trichoderma

La capacidad antagonista de *Trichoderma spp.* es conocida desde el año 1930, y se han realizado numerosos esfuerzos para utilizarlos en el control de enfermedades de las plantas desde entonces. El género *Trichoderma spp.* está compuesto por hongos que se encuentran presentes en forma natural en casi todos los suelos y otros hábitas del planeta. Su desarrollo se ve favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente por estos microorganismos. Algunas cepas son componentes

³⁹ GONZALEZ y FRAGOZO, 2002

importantes de la rizosfera. Aparte de su facilidad para colonizar las raíces de las plantas, *Trichoderma spp.* a desarrollado mecanismos para atacar y parasitar a otros hongos y así, aprovechar una fuente nutricional adicional. Han sido demostrados varios mecanismos con los cuales actúa este hongo como biocontrolador y como colonizador de las raíces.⁴⁰

Trichoderma spp. posee resistencia innata a la mayoría de los agroquímicos, incluyendo a los fungicidas. Sin embargo, el nivel de resistencia difiere entre cepas. Algunas líneas han sido seleccionadas o modificadas para ser resistentes a agroquímicos específicos. La mayoría de productores de cepas de *Trichoderma spp.* destinadas al control biológico poseen información relacionada con la susceptibilidad o resistencia a un amplio rango de agroquímicos.⁴⁵

En un estudio de caracterización fisiológica realizado por Rodríguez y Arcia, 1993 de *Trichoderma spp.*, indicaron que las temperaturas óptimas para el crecimiento fueron de 25 a 30° C.⁴¹

Existen varias especies entre ellas *T. harzianum*, *T. lignorum*, *T. viride*. Estos son hongos antagonistas de ocurrencia natural en el suelo que actúan mediante la ruptura de paredes hifales del hongo fitoparasito, penetrando sus hifas y aprovechando sus nutrientes. A su vez produce toxinas como tricodermin y harzianopeiridona causando antagonismo por fungistasis y también produciendo enzimas líticas que destruyen las paredes celulares de los esclerocios o estructuras de resistencia del hongo. Así mismo, compite por nutrientes y la dominancia de la rizosfera.

IV. LOCALIZACION

El estudio se realizó en el Municipio de Il Sora Sora perteneciente a la Comunidad de Colomi es la segunda sección Municipal de la Provincia del Chapare del Departamento de Cochabamba. Ubicada en la carretera interdepartamental Cochabamba, Santa Cruz a 40 kilómetros al Noreste de la

⁴⁰ HARMAN, 2000

⁴¹ RODRIGUEZ y ARCIA, 1993

Capital del Departamento de Cochabamba a una altitud promedio de 3.400 msnm.⁴²

4.1. Clima

Zona montañosa o de puno, que es parte de la cordillera Tunari y las Serranías que conforman el Subandino, cuyas alturas oscilan entre 3000 y 5000 msnm. Es una zona fría que llega a presentar escarcha y temperaturas críticas durante el invierno.⁴³

La sección municipal de Colomi tiene las siguientes coordenadas geodésicas: 16°56'02" – 17°23'34" de Latitud Sur y 65°33'15" – 66°20'44" de Latitud Oeste.

4.2. Suelo

Colomi caracterizada por ecosistema variado (Puna y Subtropical), presenta suelos fértiles por lo que su aprovechamiento es intenso, el daño por heladas es menor en esta zona por efecto de la pendiente, con alto potencial de producción agrícola donde un 90% de su población se dedica a la producción agrícola forma desde la economía familiar. Por sus bondades ecológicas y de tradición, en Colomi se practica la agricultura tradicional diversificada, cada uno con una amplia gama de especies y variedades de formas, colores y sabores, entre los cultivos de importancia económica alimentaria se puede citar los siguientes cultivos: papa, haba, oca y papalisa.⁴⁴

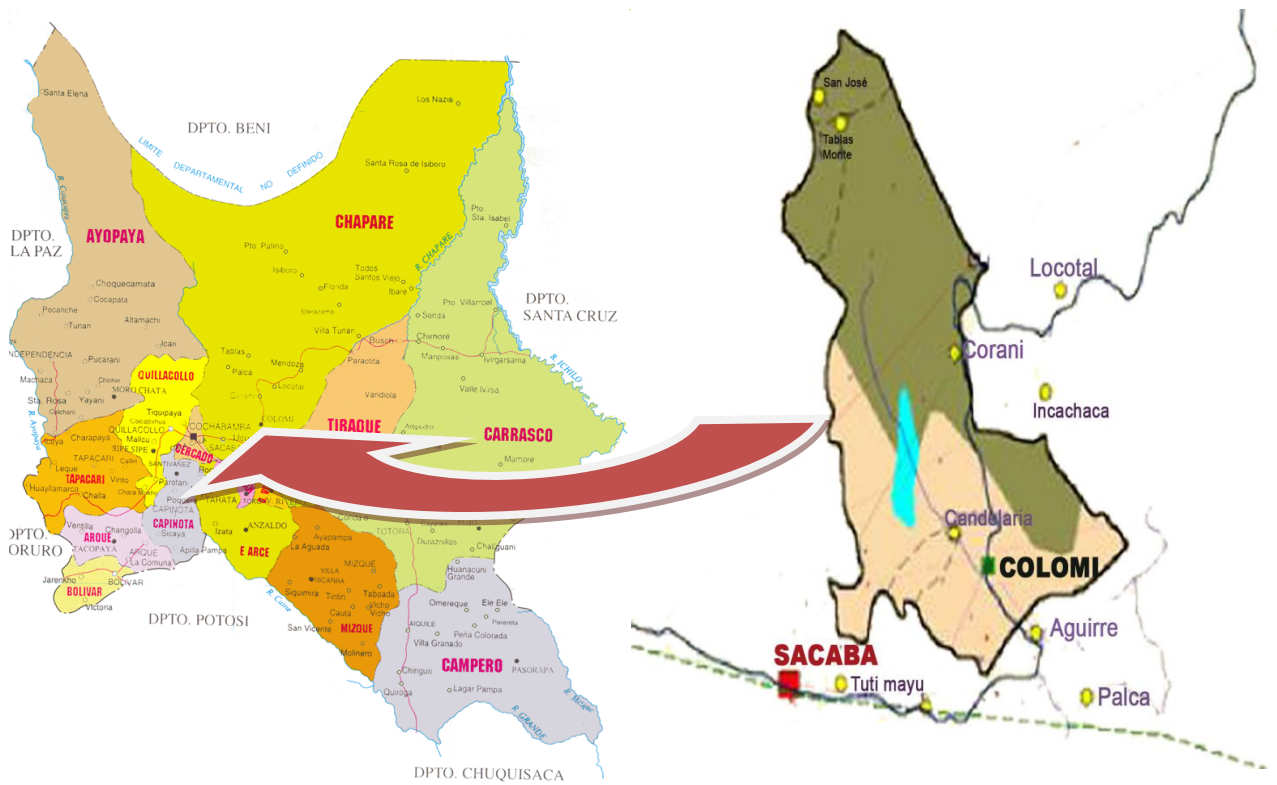
Existen varios mecanismos que dinamizan el manejo espacial de los cultivares locales. Por ejemplo, los agricultores dentro de su chacra, que está constituida por varias parcelas (10 en promedio para 12 familias de Candelaria), ubicadas en diferentes pisos altitudinales, mueven sus variedades verticalmente del piso altitudinal lomas o laderas hacia abajo que corresponde al piso altitudinal de planicie y viceversa, esta práctica es realizada con la finalidad de evitar el "cansancio" acelerado (degeneración de la semilla que posiblemente está asociado a la incidencia de virus) de la semilla.

⁴² INE, 2001

⁴³ G.M.C. 2002.262

⁴⁴ CONDORI, et al. 2003

4.3. MAPA GEOGRAFICO DEL MUNICIPIO DE COLOMI



V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Materiales y equipos de campo

- Cinta métrica
- Estacas
- Cuerdas
- Bastidor cuadriculado
- Cámara fotográfica
- Registros de campo
- Tarjetas
- Pala
- Picota
- Fumigadora de 20 litros
- Pintura

5.1.2. Bioinsumos

Los microorganismos fueron elaborados en la institución PROINPA de Cochabamba, la cual nos proporcionaron para la presente investigación.

- *Bacillus amyloliquefaciens*
- *Bacillus subtilis*
- *Trichoderma*

5.1.3. Material vegetal

Se utilizó semilla certificada, de la Institución CEPA, variedad Pinta Boca, cultivo de papa. Los tubérculos se colocaron en los surcos, seguidamente de los bioinsumos con la ayuda de una mochila fumigadora, luego se procede al tapado tratando de que se cubra con 5 – 10 cms de tierra.

5.2. Metodología

5.2.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno para el ensayo se realizó un mes antes de la siembra, (septiembre) esta consistió en una arada profunda con el fin de obtener una buena roturación, mullido y nivelado de la parcela.

5.2.2. Siembra

La siembra se realizó en forma manual el 31 de octubre del 2007. Se abrieron los surcos perpendiculares a la pendiente manteniendo una distancia entre ellas

de 0,70 m. en los surcos abiertos se depositaron las semillas a una distancia de 0,3 m., posteriormente se cubrió con una capa de tierra.

5.2.3. Fertilización

Como base de fertilización se utilizó gallinaza comprado de granjas avícolas de valle, en una cantidad de 10 tn/ha, tal como lo utilizan tradicionalmente los productores. Esta se aplicó al suelo para todos los tratamientos de manera muy uniforme incluyendo el testigo.

5.2.4. Bioinsumos

La aplicación de las bacterias y el hongo se realizó al momento de la siembra de papa nativa en diferentes dosis sobre la gallinaza, posteriormente se asperjó con agua y procediendo finalmente al tapado de los surcos, las dosis y tratamientos se describen en el subíndice 5.4.1.

5.2.5. Labores culturales

a) Aporque

Se realizó el primer aporque cuando las plantas llegaron a una altura aproximadamente de 15 cm., y el segundo cuando la planta llegó a más de 30 cm., antes del inicio de la floración, con la ayuda de un azadón de fabricación artesanal esto para favorecer a la formación de tubérculos y eliminar las malezas.

5.2.6. Cosecha

La cosecha del cultivo de papa de la variedad Pinta Boca se realizó el 27 de Abril, aproximadamente después de la siembra, de forma manual cuando los tubérculos alcanzaron la madurez de cosecha.

5.3. Variables de respuesta

5.3.1. Emergencia

La emergencia se evaluó a partir de los 30 días después de la siembra por el lapso de 1 ½ mes, hasta que el cultivo mantuvo constante su emergencia. Se contabilizó el número de plantas emergidas de los surcos centrales de cada unidad experimental para luego relacionarlas con el número de semillas sembradas.

5.3.2. Altura de la planta

Esta variable nos permitió conocer el crecimiento del cultivo, se evaluó en cuatro momentos durante el ciclo vegetativo de cada unidad experimental. Esta medición se realizó cada 15 días, desde la emergencia del cultivo hasta que las plantas entraron en senescencia, se evaluó desde la base de la planta hasta la inserción de la última hoja, sin incluir la inflorescencia.

5.3.3. Cobertura foliar

Esta variable nos permitió conocer la velocidad con que el cultivo va cubriendo el suelo y que esta expresada en porcentaje, se realizó con el uso de un bastidor. Este implemento está dividido en 100 cuadros de 7 * 9 cm. La medición se realizó cada 15 días, desde la emergencia del cultivo hasta que las plantas entraron en senescencia, colocando el bastidor sobre el surco y observando de arriba hacia abajo, se contaron los rectángulos cubiertos por más del 50% de tejido vegetal.

5.3.4. Número de tallos

Esta variable se ha determinado de los surcos centrales aproximadamente a los 100 días después de la siembra, contando el número de tallos de todas las plantas específicas de cada unidad experimental.

5.3.5. Rendimiento

La evaluación del rendimiento se realizó después de la cosecha, determinando el peso de tubérculos de cada unidad experimental.

5.3.6. Evaluación de Mancha Plateada en el tubérculo a la cosecha

a) Incidencia

La Incidencia se realizó de cien tubérculos al azar de cada unidad experimental, después de la cosecha, la incidencia del daño se calculo por la siguiente fórmula:

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

b) Severidad

La severidad se realizó de cien tubérculos al azar de cada unidad experimental, este parámetro nos ayudó a obtener el área afectada por tubérculo mediante la siguiente formula citado por Carvajal (1992).

$$\text{I.D. (\%)} = \frac{\sum (m * v)}{i * N}$$

Donde:

I.D. = Índice de daño

v = Valor de cada categoría

i = Valor de la categoría más alta

m = Numero de tubérculos en cada categoría

N = Número total de tubérculos investigados

Determinando el índice de daño mediante la escala:

1 = Tubérculo sano

2 = Tubérculo con primeros daños hasta un 5%

3 = Tubérculo con daño débil desde un 5 – 10%

4 = Tubérculo con daño débil desde un 10 – 25%

5 = Tubérculo con daño muy fuerte desde un 25 – 50%

6 = Tubérculo con daño extremadamente fuerte > 50%.

5.3.7. Análisis económico

Según el método de presupuestos parciales, se uso la metodología propuesta por el CIMMYT (1998), que se basa en el cálculo de los costos fijos y variables para obtener el costo total del producto.

5.4 Diseño experimental

El presente trabajo de investigación, se uso el diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial con tres repeticiones.

5.4.1 Factores de estudio

Factor bioinsumo: (B1: Bacillus amyloliquefaciens, B2: Bacillus subtilis, B3: Trichoderma)

T1 = Testigo tradicional

T2 = Bacillus Amyloliquefaciens aplicado al suelo en una dosis de 40 kg/ha

T3 = Bacillus Amyloliquefaciens aplicado al suelo en una dosis de 100 kg/ha

T4 = Bacillus Amyloliquefaciens aplicado al suelo en una dosis de 160 kg/ha

T5 = Bacillus Subtilis aplicado al suelo en una dosis de 40 kg/ha

T6 = Bacillus Subtilis aplicado al suelo en una dosis de 100 kg/ha

T7 = Bacillus Subtilis aplicado al suelo en una dosis de 160 kg/ha

T8 = Trichoderma aplicado al suelo en una dosis de 40 kg/ha

T9 = Trichoderma aplicado al suelo en una dosis de 100 kg/ha

T10 = Trichoderma aplicado al suelo en una dosis de 160 kg/ha

Factor dosis: (D1: 40 kg/ha, D2: 100 kg/ha, D3: 160 kg/ha)

5.4.2 Modelo lineal

$$X_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

X_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = media general

β_j = Efecto del j- esimo bloque

α_i = Efecto del i- esimo bacteria

γ_k = Efecto del K- esimo dosis

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Interacción de la i-esimo bacteria con la – y esima dosis.

ε_{ijk} = Error experimental

Con los datos de cada variable se realizo el análisis estadístico a través del análisis de varianza y la prueba de Duncan para la comparación de medias a una probabilidad de 5%, mediante el paquete estadístico SAS versión 8.0.

5.4.3 Croquis del ensayo.



5 m

<i>R1</i>	T1	T3	T5	T7	T2
	T4	T8	T6	T9	T10
<i>R2</i>	T3	T9	T4	T10	T8
	T6	T7	T1	T5	T2
<i>R3</i>	T8	T2	T3	T6	T1
	T10	T5	T7	T4	T9

25 m

Variedad: Pinta boca

Repetición: 3 repeticiones o bloques

Tratamiento: 10 trat. por bloque

Largo del bloque: 25 m

Ancho del bloque: 18 m

Distancia entre surco: 0,70 m

Distancia entre plantas. 0,33 m

Área total de la investigación: 450 m²

Área total por unidad experimental: 15 m²

VI. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el proceso de la investigación.

6.1. Parámetros climáticos

Observando los datos climáticos registrados durante la campaña agrícola 2007-2008 y correspondiente al periodo del cultivo en campo, estos se encuentran en los rangos favorables para el desarrollo del cultivo, no habiéndose presentado condiciones extremas que pudieran afectar al cultivo como son la ocurrencia de heladas, sequías o precipitaciones pronunciadas.

6.1.1. Temperatura

Se tomaron datos de temperatura durante el ciclo vegetativo del cultivo, los cuales se presenta en la figura 1.

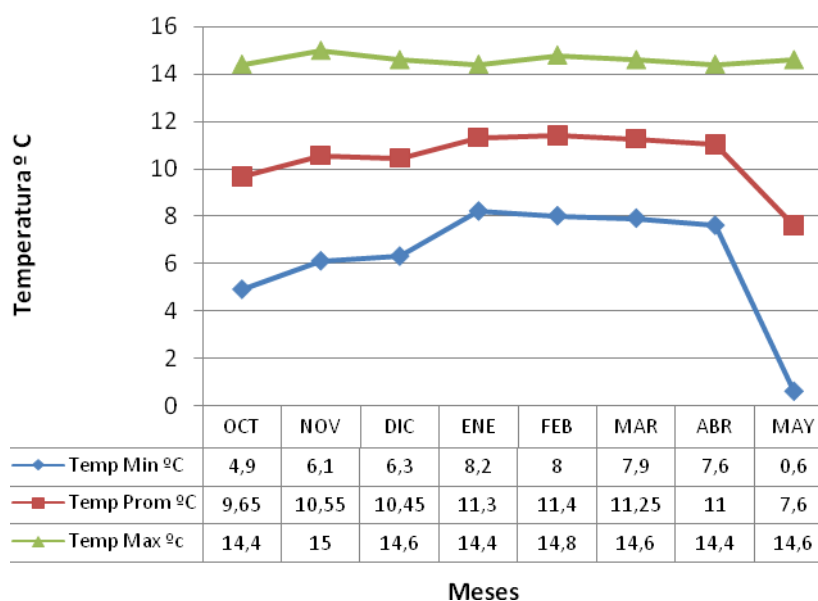


Figura 1. Evolución de la temperatura durante la ejecución del estudio. Gestión 2007 – 2008 en la Comunidad de Colomi

En la figura 1 se puede observar que en general la temperatura se mantuvo estable durante el ciclo del cultivo. La temperatura mínima que se registró fue en el mes de mayo (0,6°C) no se consideró importante porque coincidió con la época de cosecha del cultivo y la temperatura máxima se observó en el mes de febrero

(14.8°C), puesto que el cultivo de papa se encontraba en la fase del crecimiento ó desarrollo.

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 se encuentra entre los 15 y 20°C. Cuando las temperaturas son muy bajas, se ve afectado el proceso de asimilación, tornando los tubérculos pequeños, no pudiendo tolerar temperaturas inferiores a los 0°C contrariamente, si la temperatura es muy elevada se ve afectada la tuberización y contribuye el desarrollo de plagas y enfermedades, en la que además disminuye la fotosíntesis y aumenta la respiración y por consecuencia hay combustión de hidratos de carbono almacenados en los tubérculos.

INIA, afirma que la temperatura juega un papel importante con el brotamiento de la semilla de papa. Así las temperaturas altas durante 3 ó 4 semanas con 20° C a 30° C interrumpen el período de latencia, temperaturas bajas prologan el período de latencia.

6.1.2. Precipitación

En la figura 2. Se muestra las precipitaciones durante el ciclo vegetativo del cultivo.

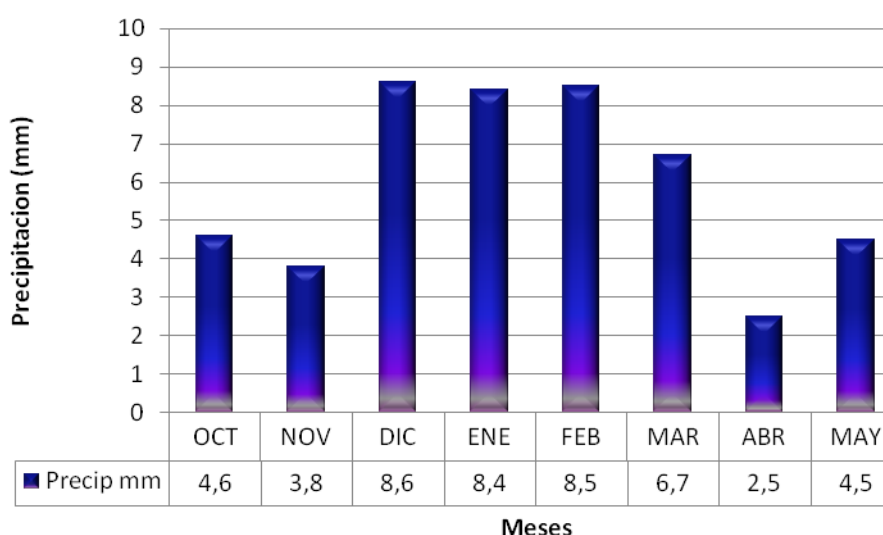


Figura 2. Evolución de la precipitación durante la ejecución del estudio. Gestión 2007 – 2008 en la Comunidad de Colomi

Se puede observar en la figura 2, que en general la distribución de lluvias fue favorable para el cultivo, no habiéndose presentado condiciones extremas de alta precipitación o déficit hídrico durante el desarrollo del cultivo. En los meses de diciembre a febrero que es cuando los tubérculos están en pleno desarrollo, los niveles de precipitación fueron favorables con promedio de 8.4 mm. Durante esta fase de desarrollo y crecimiento máximo del follaje, la temporada de lluvias está ya en curso, a veces una fuerte baja de la pluviometría puede llegar a disminuir el rendimiento. En el mes de abril se observó una menor precipitación de 2,5 mm puesto que coincidió con la época de cosecha.

Según Calderón, et al. (2004), 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. Con información muy precisa sobre los factores descritos, el agricultor estará en condiciones para tomar decisiones sobre cuáles son las especies y las técnicas de producción más adecuadas para cada condición donde se realiza esta actividad, para de esa manera reducir riesgos y aumentar la probabilidad de éxito.

6.2 Variables agrofisiológicas

A continuación se presentan los resultados de cada una de las variables agrofisiológicas evaluadas por efecto de la aplicación de los bioinsumos estudiados.

6.2.1. Porcentaje de emergencia

En el cuadro 1 y Anexo 1, se muestra el Análisis de varianza para la variable emergencia la cual fue evaluada aproximadamente a los 60 días después de la siembra (dds).

Cuadro 1. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc	Pr
REP	2	53.85	26.92	2.71	0.09 NS
BIOINSUMO	2	3.62	1.81	0.18	0.83 NS
DOSIS	2	9.85	4.92	0.50	0.61 NS
BIO* DOSIS	4	1.70	0.42	0.04	0.99 NS
ERROR	16	158.81	9.92		
TOTAL	26	227.85			

ns = No significativo

* = Significativo ($p < 0,05$)

** = Altamente Significativo ($p < 0,01$)

C.V. = 11.22%

De acuerdo al ANVA descrito en el Cuadro 1, no se pudo demostrar que existan diferencias significativas en la emergencia de las plantas por efecto de los bioinsumos utilizados, entre las dosis usadas y entre dosis dentro de cada bioinsumos. En otras palabras, la emergencia del cultivo es independiente al efecto de los bioinsumos en sus diferentes dosis.

Por los resultados del Coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 11.22% se deduce que el trabajo de investigación contiene resultados que están dentro de los rangos permisibles de un trabajo de investigación al encontrar un resultado bajo que corrobora esta aseveración y por tanto son altamente confiables.

De acuerdo a 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, formara 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, baja humedad y baja temperatura la emergencia se retrasa. Una vez emergida la planta y hasta su cobertura plena, la fotosíntesis neta conseguida es usada en el crecimiento general de la planta, tanto su parte aérea como radicular y estolonifera.

6.2.2. Altura de planta

El ANVA de la variable altura de planta correspondiente a las diferentes fechas evaluadas se presenta en el Anexo 1. En el Cuadro 2 se presenta el ANVA de esta variable correspondiente a los 108 días después de la siembra (dds).

Cuadro 2. Análisis de varianza para altura de planta (108 dds)

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc	Pr
REP	2	56.17	28.08	0.42	0.65 NS
BIOINSUMO	2	119.13	59.56	0.89	0.41 NS
DOSIS	2	133.95	66.97	1.00	0.37 NS
BIO* DOSIS	4	671.60	167.90	2.50	0.05 *
ERROR	70	4699.38	67.13		
TOTAL	80	5680.24			

ns = No significativo

* = Significativo ($p < 0,05$)

** = Altamente Significativo ($p < 0,01$)

C.V. = 20.36%

De acuerdo al ANVA descrito en el Cuadro 2, no se pudo demostrar que existan diferencias significativas en la altura de planta por efecto de los bioinsumos y de las dosis utilizadas. La significancia de la interacción de ambos factores nos muestra que el efecto de los bioinsumos en la altura de planta, varía según la dosis utilizada, es decir el efecto de las dosis de aplicación en la altura de planta es diferente para cada microorganismo, además de presentar un coeficiente de variación de 20,36%, valor que indica la confiabilidad de los datos, es por tal motivo que se realizó la prueba de Duncan.

Lo que indica que los cultivares de papa nativa manifiestan respuestas diferentes en el desarrollo del cultivo durante todo el ciclo debido presumiblemente a la aplicación de los bioinsumos a los que fueron sometidos en sus diferentes dosis de aplicación. Al respecto Rodríguez (1999), indica que todo lo que promueve exteriormente el crecimiento de la planta, constantemente incrementará la

velocidad de absorción o del tamaño de la raíz y disminuirá la concentración mineral en la planta.

A continuación se presenta la figura 3, Prueba de Duncan al 0,05% en la altura de planta por efecto de las dosis de aplicación de cada bioinsumo.

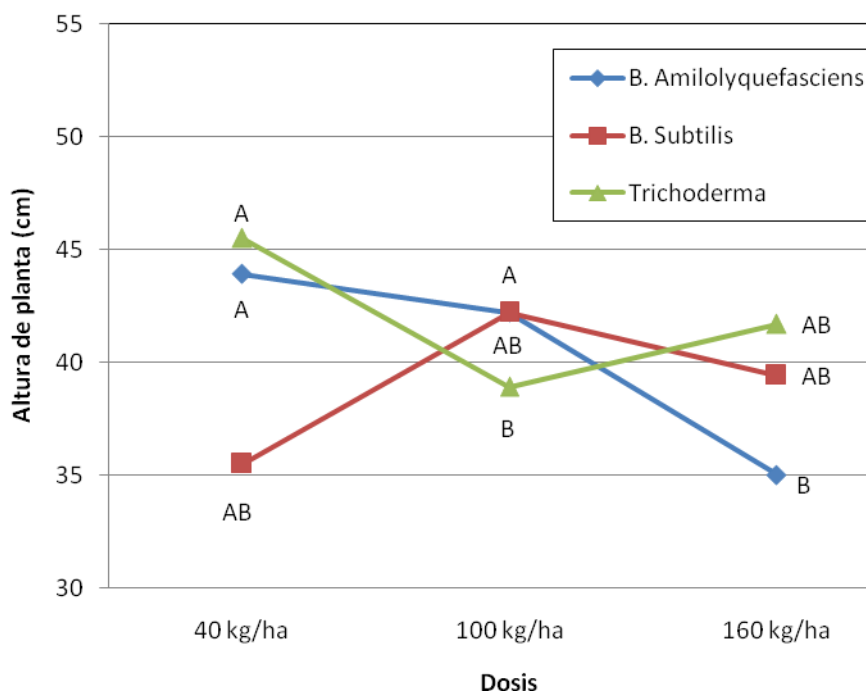


Figura 3. Variación de la Altura de planta evaluado a los 108 (dds), por efecto de tres bioinsumos aplicado en diferentes dosis al cultivo de papa.

De acuerdo a la Figura 3, la significación de la interacción entre los factores Bioinsumo y Dosis se expresa a nivel de la dosis baja de 40 kg/ha para los microorganismos *Bacillus amyloliquefaciens* y *Trichoderma spp.*, ya que con esta dosis *Bacillus subtilis* permite una altura de planta estadísticamente más baja.

En la Figura 3 como tendencia general se observa que *Trichoderma spp.* en la dosis de 40 kg/ha, promueve el incremento de la altura de planta, *Bacillus amyloliquefaciens* tiene un efecto contrario y *Bacillus subtilis* no afecta en esta variable morfológica. Con la dosis 100 kg/ha *Bacillus subtilis*, promueve el incremento de la altura y con el bioinsumo *Bacillus amyloliquefaciens* y *Trichoderma spp.* tiene un efecto contrario. Si bien la dosis 160 kg/ha también

permite un efecto diferente entre los bioinsumos, este no es significativo estadísticamente.

Esta interpretación tiene un sustento estadístico ya que la comparación de medias de las dosis de 160 kg/ha no muestra diferencias significativas entre ellas.

En una investigación realizada por González *et al* (2000), demuestra que al comparar semillas de tomate tratadas con una suspensión de conidios de *T. harzianum* con semillas sin tratar, se obtuvieron incrementos significativos en la altura de planta, siendo así que las plantas tratadas con *Trichoderma spp.* influyó significativamente sobre el incremento de la altura de planta y el diámetro del tallo en la planta de tomate.

En la figura 4, se presenta el efecto de la dosis de aplicación de la variable altura de planta, en función del tiempo.

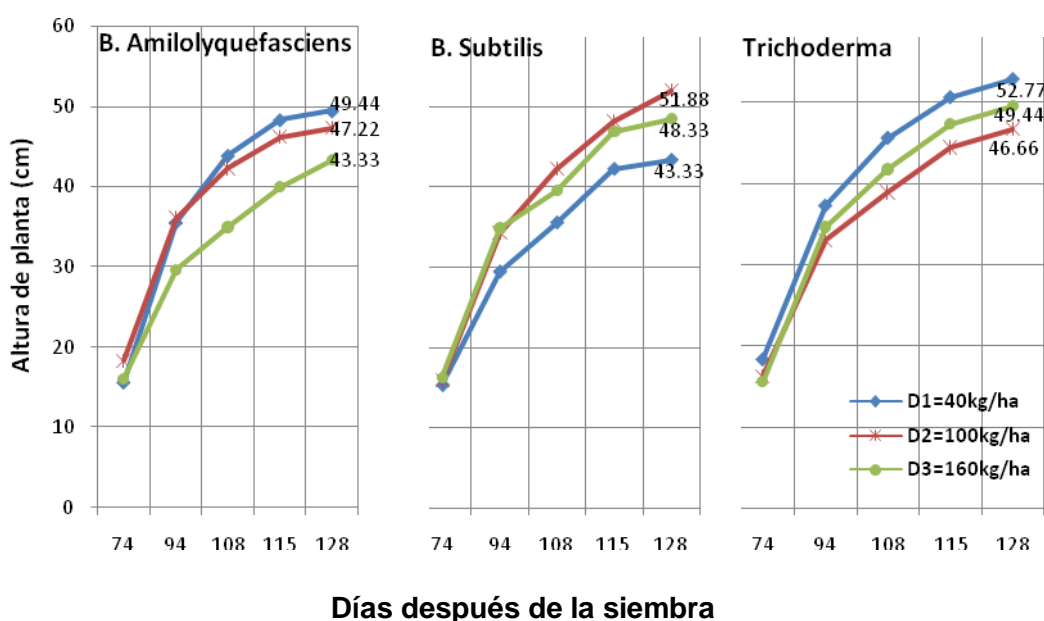


Figura 4. Efecto de los bioinsumos aplicados en sus diferentes dosis al suelo en el momento de la siembra, en la evolución de la altura de planta del cultivo de papa en función del tiempo

De acuerdo a la figura 4, el efecto de las dosis de los tres bioinsumos en la altura de la planta, es variable. En general se puede indicar que *Bacillus amilolyquefaciens* en su dosis de aplicación de (40 kg/ha) se obtiene un

incremento en el desarrollo del cultivo de 49,44 cm, contrariamente en su dosis de aplicación de (160 kg/ha) la altura de planta reduce a 43,33 cm, y para *Bacillus subtilis* en su dosis de aplicación de (100 kg/ha) permite incrementar la altura de planta a 51,88 cm, contrariamente a *Bacillus amyloliquefaciens* en su dosis de aplicación de (40 kg/ha) llega a reducir la planta a 43,33 cm y por ultimo *Trichoderma spp.* en su menor dosis de aplicación (40 kg/ha) llega a optimizar la mayor altura de planta de 52,77 cm con respecto a los demás bioinsumos utilizados, puesto que en su menor dosis de aplicación de (100 kg/ha) disminuye el crecimiento a 46,66 cm.

Por los resultados obtenidos de aplicación de los bioinsumos se indica que *Trichoderma spp.* en su menor dosis de aplicación (40 kg/ha), permite un incremento de 52,77 cm de altura planta a diferencia de los demás bioinsumos aplicados, el cual se enmarca por arriba de lo señalado por ANAPO (2004), quienes indican que para la época de invierno la altura media para el cultivo de papa nativa es de 50 cm dependiendo de la calidad de semilla, de las características físico – químicas y biológicas del suelo y del clima.

De los resultados obtenidos se explica los principales beneficios agrícolas del *Trichoderma spp.*: (Stefanova, 2002).

Estimula el crecimiento de raíces y pelos absorbentes de los cultivos porque actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios, logrando que las plantas alcancen un desarrollo más rápido que aquellas plantas que no hayan sido tratadas con dicho microorganismo.

Ofrece un control eficaz de enfermedades de las plantas, dando protección a la raíz y el follaje, la velocidad de crecimiento de este organismo es bastante alta, por esto es capaz de establecerse en el suelo y controlar enfermedades.

6.2.3. Cobertura foliar

A continuación se presenta el análisis de varianza para cobertura foliar la cual fue evaluada a los 108 días, después de la siembra.

Cuadro 3. Análisis de varianza de la Cobertura foliar

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc	Pr
REP	2	730.46	365.23	14.21	0.0001 **
BIOINSUMO	2	49.35	24.67	0.96	0.38 NS
DOSIS	2	35.95	17.97	0.70	0.50 NS
BIO* DOSIS	4	190.93	47.73	1.86	0.12 NS
ERROR	70	1799.53	25.70		
TOTAL	80	2806.24			

NS = No significativo

* = Significativo ($p < 0,05$)

** = Altamente Significativo ($p < 0,01$)

C.V. = 23.57%

De acuerdo al ANVA descrito en el Cuadro 3 y Anexo 1, no se pudo demostrar que exista diferencias significativas en la cobertura foliar de las plantas por efecto de los bioinsumos utilizados, entre las dosis usadas y entre dosis dentro de cada microorganismo (interacción). En otras palabras, la cobertura foliar del cultivo es independiente al efecto de los bioinsumos. Además de presentar un coeficiente de variación de 23,57% en la que se encuentra dentro del rango permisible.

Este crecimiento y desarrollo de la cubierta foliar está influenciado por la variedad y las condiciones de manejo del cultivo. Bajo condiciones de estrés el tubérculo crecerá muy poco diariamente y en condiciones óptimas el tubérculo crecerá a su máximo potencial. (Hidalgo, 1997).

Así mismo Mamani (2003), indica que la cobertura foliar está relacionado con el hábito de crecimiento propio de cada variedad de planta y que el área de sus hojas varía en función a la edad de la planta y de las condiciones ambientales.

6.2.4. Numero de tallos

En el Cuadro 4 y Anexo 1, se muestra el Análisis de varianza para la variable Número de tallos la cual fue evaluada a los 128 días después de la siembra.

Cuadro 4. Análisis de varianza del número de tallos

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc	Pr
REP	2	2.29	1.14	2.63	0.07 NS
BIOINSUMO	2	0.88	0.44	1.02	0.36 NS
DOSIS	2	0.51	0.25	0.59	0.55 NS
BIO* DOSIS	4	2.59	0.64	1.48	0.21 NS
ERROR	70	30.59	0.43		
TOTAL	80	36.88			

NS = No significativo

* = Significativo ($p < 0,05$)

** = Altamente Significativo ($p < 0,01$)

C.V. = 28.78%

De acuerdo al ANVA descrito en el Cuadro 4, no se pudo demostrar que existan diferencias significativas en el número de tallos por efecto de los bioinsumos utilizados, entre dosis de aplicación y dosis dentro de cada bioinsumo (interacción). En otras palabras el numero de tallos es independiente al efecto de los bioinsumos sea cual fuese la dosis utilizada. Se obtuvo un nivel de significancia alto de 28,78% en la que se encuentra dentro del rango permisible.

Morales, 2000. Indica que el número de tallos es el resultado directo del estado de la Semilla antes de la siembra o de tratamientos previos (verdes, pre verdes), condiciones de humedad y temperatura. Al respecto Choque, 2000 indica que existe una estrecha relación entre el número de tallos con el número de ojos del tubérculo, las variedades nativas de papa poseen mayor número de tallos del tubérculo por ende mayor número de tallos por planta.

6.2.5. Rendimiento

En el Cuadro 5 y Anexo 1, se muestra el Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo de papa por efecto de los bioinsumos estudiados, en diferentes dosis. La cosecha se realizó a los 185 días.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el rendimiento de papa

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc	Pr
REP	2	0.40	0.20	0.52	0.62 NS
BIOINSUMO	2	6.52	3.26	8.48	0.003 **
DOSIS	2	0.54	0.27	0.71	0.50 NS
BIO* DOSIS	4	0.57	0.14	0.38	0.82 NS
ERROR	16	6.15	0.38		
TOTAL	26	14.20			

NS = No significativo

* = Significativo ($p < 0,05$)

** = Altamente Significativo ($p < 0,01$)

C.V. = 15.9%

De acuerdo al ANVA descrito en el Cuadro 5, se puede observar que existen diferencias altamente significativas en el rendimiento del cultivo, por efecto de los bioinsumos aplicados. No se pudo demostrar que existan diferencias entre dosis y tampoco entre dosis dentro de cada bioinsumo.

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.

Para corroborar estas aseveraciones es necesario acudir a la Prueba de Duncan para los tratamientos en estudio, pruebas que de alguna manera permitirán demostrar cuales los rangos difieren entre un tratamiento y otro, además de permitir justificar estos resultados de acuerdo a los análisis en el manejo del cultivo.

A continuación la figura 5, presenta la Prueba de Duncan al 0,05% en la aplicación de los bioinsumos en el rendimiento, evaluada después de la cosecha.

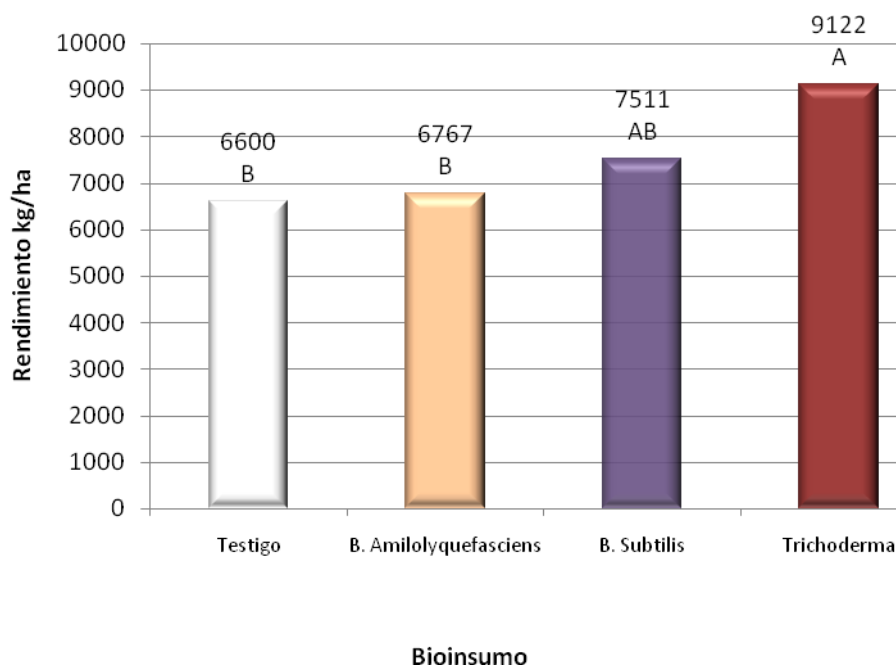


Figura 5. Efecto de la aplicación de los bioinsumos biocontroladores en el rendimiento del cultivo de papa nativa.

Según la figura 5, comparando el efecto de las bacterias frente al testigo sin aplicación, se puede indicar que solo *Trichoderma spp.* permite incrementar el Rendimiento de la papa nativa a 9122 kg/ha, y no así para *Bacillus Amylolyquefaciens* y *Bacillus Subtilis*. El testigo que no fue aplicado con ninguno de los microorganismos llegó a un rendimiento de 6600 kg/ha, y para *Bacillus Amylolyquefaciens* llegó a un rendimiento de 6767 kg/ha casi cerca del testigo que no llegan a ser significativos y para *Bacillus Subtilis* obtiene un rendimiento de 7511 kg/ha, se tiene un efecto parecido al *Trichoderma spp.*

Por otra parte, la comparación entre bioinsumos nos muestra que el efecto de *Trichoderma spp.* en el Rendimiento es superior estadísticamente a *Bacillus Amylolyquefaciens* y *Bacillus Subtilis*.

Según Gómez (2001), señala que en el aumento del crecimiento del sistema radicular y rendimientos estudiados en diferentes especies de plantas superiores ha manifestado que tiene un efecto de mejorar la estructura foliar, el tamaño de la planta y por consecuencia el número de hojas, factores que se deben a la actividad que tienen los bioinsumos (*Bacillus Amyloliquefaciens*, *Bacillus Subtilis* y *Trichoderma spp.*), sobre los reguladores de crecimiento, metabolizando de mejor manera el Nitrógeno que es responsable de la producción de aminoácidos y proteínas dentro del proceso fotosintético que se produce en la planta.

Al respecto 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.

Stefanova, M. (2002), indica que el empleo del *Trichoderma spp.* puede beneficiar a los productores agrícolas en sus propósitos de lograr cosechas más sanas y con mayor productividad. La aplicación del *Trichoderma spp.*, directa al suelo ofrece incluso una protección mayor a los cultivos. Cuando *Trichoderma spp.* es utilizado para el control de hongos del suelo, pueden mezclarse con materia orgánica (estiércol, casting y biotierra) y otras enmiendas utilizadas como biofertilizantes, tal como se hace con inoculantes bacterianos usados como fertilizantes ecológicos. Además la preparación adecuada del terreno, la mejor fecha de plantación, fertilización y riego actúan a favor de la combinación Planta - *Trichoderma* asociadas.

6.3. Sanidad

6.3.1. Incidencia de *Helminthosporium solani*

En el cuadro 6 y Anexo 4 – 5, se muestra el promedio de Incidencia obtenidos en todos los tratamientos a simple vista, niveles de infestación con *H. solani* estudiados.

Cuadro 6. Promedio de Incidencia por tratamientos

TRATAMIENTOS	INCIDENCIA % Promedio
T1 = Testigo Tradicional	86,33 >
T2 = Bacillus Amyloliquefaciens (40 kg/ha)	70,67
T3 = Bacillus Amyloliquefaciens (100 kg/ha)	73,33
T4 = Bacillus Amyloliquefaciens (160 kg/ha)	71,66
T5 = Bacillus Subtilis (40 kg/ha)	83
T6 = Bacillus Subtilis (100 kg/ha)	76,67
T7 = Bacillus Subtilis (160 kg/ha)	76,33
T8 = Trichoderma (40 kg/ha)	74,67
T9 = Trichoderma (100 kg/ha)	56,00 <
T10 = Trichoderma (160 kg/ha)	72

En el cuadro 6, se puede observar el promedio de Incidencia con 56% con la aplicación de *Trichoderma spp.* en su dosis de aplicación de 100 kg/ha, se deduce que de un 100% de la enfermedad de *Helminthosporium solani*, llego a controlar aproximadamente el 50% y las más altas se presentaron en la unidad experimental Testigo.

En la Figura 6 y Anexo 4, se presenta el efecto de los bioinsumos *Bacillus Amyloliquefaciens*, *Bacillus Subtilis* y *Trichoderma spp.* aplicados en diferentes dosis, en la incidencia de *Helminthosporium solani* en tubérculos cosechados de papa.

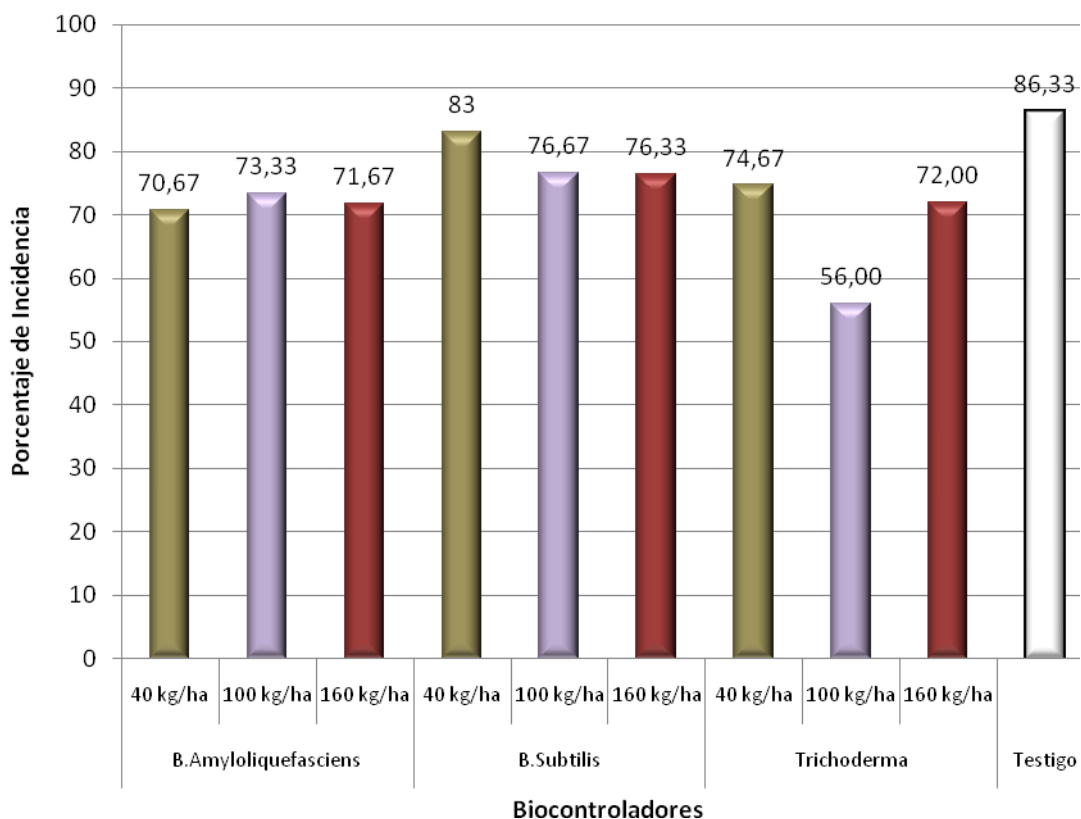


Figura 6. Efecto de la aplicación de los bioinsumos biocontroladores sobre la incidencia de la enfermedad *Helminthosporium solani*, que afecta al tubérculo de papa

De acuerdo a la Figura 6, comparando el efecto de los bioinsumos frente al testigo sin aplicación, se puede indicar que en general todos tuvieron efecto sobre la incidencia de *Helminthosporium solani*, pero con muy claridad se observa que *Trichoderma spp.*, permite una mayor reducción de la incidencia. De forma general se afirma que los tratamientos aplicados con el microorganismo *Trichoderma spp.* en una dosis de 100 kg/ha mostraron la mejor efectividad en el control de *Helminthosporium solani* con un 56% en comparación con el testigo a diferencia de los otros bioinsumos aplicados en sus diferentes dosis no fueron muy eficientes.

Con base en los resultados sobre infección es evidente que, en comparación con el testigo absoluto, todos los tratamientos presentaron un alto grado de infección, destacándose la aplicación de *Trichoderma spp.* como el tratamiento con mayor

protección en el cultivo de papa ya que para la cosecha presentó la menor incidencia.

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.

Se presentan a continuación, los resultados del estudio sobre la incidencia de *Helminthosporium solani*. Esta información fue obtenida, a partir de muestras de tubérculos de papa, var. Pinta boca, durante el periodo de mayo del 2008. El grado de avance de *H. solani* sobre el tubérculo, fue expresada en porcentaje (%), de manera que los tubérculos enfermos puedan ser comparados con el testigo.

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de tubérculos enfermos} - \text{N}^{\circ} \text{ de tubérculos sanos}}{\text{N}^{\circ} \text{ de tubérculos enfermos}} * 100$$

$$\text{Incidencia \%} = \{(86,33-56)/86,33\} * 100 = 35,13\% \text{ respecto al testigo}$$

Aplicando la fórmula del porcentaje de incidencia podemos ver que el producto utilizado ha llegado a disminuir a la enfermedad en un 35% aproximadamente.

Así mismo ORIUS (2004), indica que a la vista de los resultados obtenidos en todas las pruebas realizadas y confirmadas por las aplicaciones de los bioinsumos, practicas que se han realizado en una gran variedad de cultivos y en diferentes condiciones tanto por cultivo como por zonas climatológicas o geográficas, *Trichoderma spp.* es un hongo que protege al cultivo de papa nativa frente al ataque de hongos fitopatogenos.

6.3.2. Severidad de *Helminthosporium solani*

En el cuadro 7 y Anexo 4 – 5, se muestra el promedio de Severidad obtenidos en todos los tratamientos aplicando la formula de Carvajal (1992), niveles de infestación con *H. solani* estudiados.

Cuadro 7. Promedio de Severidad por tratamientos

TRATAMIENTOS	SEVERIDAD % Promedio
T1 = Testigo Tradicional	71,11 >
T2 = Bacillus Amyloliquefaciens (40 kg/ha)	61,33
T3 = Bacillus Amyloliquefaciens (100 kg/ha)	61,94
T4 = Bacillus Amyloliquefaciens (160 kg/ha)	62,89
T5 = Bacillus Subtilis (40 kg/ha)	67,33
T6 = Bacillus Subtilis (100 kg/ha)	62,44
T7 = Bacillus Subtilis (160 kg/ha)	64
T8 = Trichoderma (40 kg/ha)	61,61
T9 = Trichoderma (100 kg/ha)	57,61 <
T10 = Trichoderma (160 kg/ha)	68,05

En el cuadro 7, se puede observar el promedio de Severidad con 57, 61% con la aplicación de *Trichoderma spp.* en su dosis de aplicación de 100 kg/ha, se deduce que de un 100% de la enfermedad de *Helminthosporium solani*, llego a controlar aproximadamente el 50% y las más altas se presentaron en la unidad experimental Testigo.

En la Figura 7 y Anexo 5, se presenta el efecto de los bioinsumos *Bacillus Amyloliquefaciens*, *Bacillus Subtilis* y *Trichoderma* en la aplicación de diferentes dosis en la severidad de la enfermedad *Helminthosporium solani* en tubérculos cosechadas de papa.

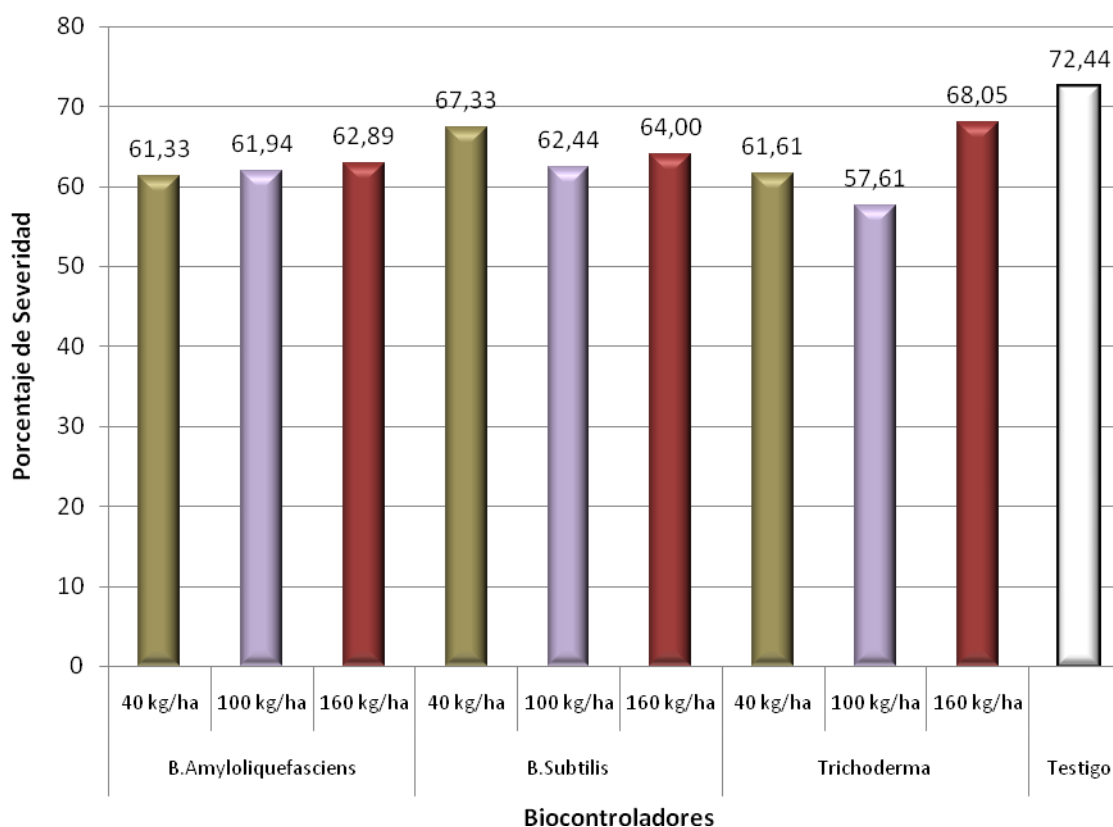


Figura 7. Efecto de tres bioinsumos sobre la severidad de la enfermedad *Helminthosporium solani*, que afecta el tubérculo de la papa

De acuerdo en la figura 7, se observa en general todos los bioinsumos permiten reducir la severidad de la enfermedad en relación al testigo, pero según las dosis de aplicación algunas permiten mayor efecto que otros. De forma general se afirma que los tratamientos aplicados con el microorganismo *Trichoderma spp.* en una dosis de 100 kg/ha mostraron la mejor efectividad en el control de *Helminthosporium solani* con un 57,61% en comparación con el testigo a diferencia de los otros bioinsumos aplicados en sus diferentes dosis no fueron muy eficientes.

Para enfrentar este problema de la enfermedad *Helminthosporium solani*, los agricultores optan por el uso de productos químicos y cuando la enfermedad se vuelve más persistente se usan irracionalmente productos más tóxicos, con consecuentes daños a la salud y al medio ambiente. La necesidad de optar por el control natural ha motivado por el uso de técnicas y métodos de manejo integrado de plagas y enfermedades, una de ellas es conocida por el “control biológico de

patógenos” en plantas que es parte del desarrollo de una agricultura “orgánica”, una de ellas es conocida como *trichoderma spp.* que puede funcionar a través de varios modos de acción como: antibiosis, micoparasitismo, competencia y la hipovirulencia.

Se presentan a continuación, los resultados del estudio sobre la severidad de *Helminthosporium solani*. Esta información fue obtenida, a partir de muestras de tubérculos de papa, var. Pinta boca, durante el periodo de mayo del 2008. El grado de avance de *H. solani* sobre el tubérculo, fue expresada como porcentaje (%), de manera que los tubérculos enfermos puedan ser comparados con el testigo.

$$\text{Severidad \%} = \left\{ \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de tubérculos enfermos} - \text{N}^{\circ} \text{ de tubérculos sanos}}{\text{N}^{\circ} \text{ de tubérculos enfermos}} \right\} * 100$$

$$\text{Severidad \%} = \{(72,44-57,61)/72,44\} * 100 = 20\% \text{ respecto al testigo.}$$

Aplicando la fórmula del porcentaje de severidad podemos ver que el producto utilizado ha llegado a disminuir a la enfermedad en un 20% respecto al testigo.

Es por ello que la introducción de especies de *Trichoderma spp.* en el manejo integrado de enfermedades del cultivo de papa puede satisfacer en gran medida la solución de los problemas actuales.

Según COINBOL (2002), indica que en varios estudios de control de patógenos, bajo condiciones axénicas, se ha observado que *T. harzianum* no sólo redujo la severidad de las enfermedades sino que también indujo la estimulación del crecimiento de las plantas, existiendo sólo reportes en especies herbáceas como lechuga (*Lactuca sativa* Linnaeus), maíz (*Zea mays* Linnaeus), tabaco (*Nicotiana tabacum* Linnaeus), zapallo (*Cucúrbita maxima* Linnaeus), petunia (*Petunia hybrida* Linnaeus), tomate (*Lycopersicum esculentum* Mili), entre otras no existiendo reportes en especies forestales.

Es importante mencionar, que varios autores concuerdan en el hecho de que la severidad de sarna plateada, sobre distintos cultivares, se presenta con intensidades distintas de un año a otro (HILTON *et al.*, 2000).

En el presente estudio realizado con aplicación de bioinsumos en diferentes dosis de aplicación en el cultivo de papa, de forma general se dice que la aplicación del microorganismo *Trichoderma spp.* tuvo un efecto favorable, en las variables altura de planta, rendimiento y en la sanidad de la enfermedad *Helminthosporium solani*.

Una de las ventajas de la agricultura orgánica es que desarrolla productos más sanos incrementando su capacidad productiva teniendo en cuenta el cuidado del medio ambiente se genera una conciencia sobre el uso de biopreparados y/o productos biológicos, uso de semilla certificada, manejo y practicas sobre el cuidado del cultivo para la lucha contra las enfermedades.

6.4. Análisis de la Tasa de Retorno Marginal por el uso de los bioinsumos

El análisis económico de la presente investigación en el Departamento de Cochabamba del Municipio de Colomi, se realizo en base a los presupuestos parciales, donde la posibilidad de los diferentes tratamientos de ser económicamente rentables, resultan de la Tasa de Retorno Marginal, los costos de producción fueron calculados para una Hectárea en Bolivianos, para identificar con mayor precisión el tratamiento que mayor beneficio neto proporcione al agricultor, de esta manera poder dar alternativas de producción para el cultivo de papa nativa. (CIMMYT, 1998).

A continuación se presenta en el cuadro 8, el presupuesto parcial de los bioinsumos aplicados en diferentes dosis del cultivo de papa nativa.

Cuadro 8. Presupuesto parcial de un ensayo sobre la aplicación de bioinsumos en diferentes dosis en el cultivo de la papa nativa.

TRATAMIENTOS	Rdto. Medio kg/ha	Rdto. Ajustado (10%)	BB de Campo bs/ha	Micro organismos	Mano de obra para aplicación	TOTAL Costos Variables bs/ha	Beneficio Neto bs/ha
T1 = Testigo	6600	5940	20611,8	0	0	0	20611,8
T2 = BA (40 kg/ha)	6800	6120	21236,4	3200	245	3445	17791,4
T3 = BA (100kg/ha)	6600	5940	20611,8	8000	315	8315	12296,8
T4 = BA (160kg/ha)	6900	6210	21548,7	12800	420	13220	8329
T5 = BS (40 kg/ha)	6800	6120	21236,4	3200	245	3445	17791,4
T6 = BS (100kg/ha)	7467	6720	23318,4	8000	315	8315	15003,4
T7 = BS(160 kg/ha)	8267	7440	25816,8	12800	420	13220	12596,8
T8 = T (40 kg/ha)	8667	7800	27066	1000	245	1245	25821
T9 = T (100 kg/ha)	9533	8580	29772,6	2500	315	2815	26957,6
T10 = T (160 kg/ha)	9167	8250	28627,5	4000	420	4420	24207,5

Fuente: Elaboración propia, 2009

T1 = Testigo tradicional; T2 = B. Amylolyquefaciens (40 kg/ha); T3 = B. Amylolyquefaciens (100 kg/ha); T4 = Bacillus Amylolyquefaciens (160 kg/ha); T5 = B. Subtilis (40 kg/ha); T6 = B. Subtilis (100 kg/ha); T7 = B. Subtilis (160 kg/ha); T8 = Trichoderma (40 kg/ha); T9 = Trichoderma (100 kg/ha); T10 = Trichoderma (160 kg/ha)

El presupuesto parcial de los costos de producción se refleja en el cuadro 8, donde el mayor Beneficio Bruto de Campo correspondió al T9 (Trichoderma=100kg/ha) con 29772,6 bs/ha, por tener un Rendimiento ajustado de 8580 kg/ha, y de los demás tratamientos el Beneficio Bruto de Campo bajo a medida que los rendimientos disminuyeron, hasta alcanzar 20611,8 bs/ha correspondiente al T1 (Testigo), también se observó que los costos totales por tratamiento fueron mayores a medida que aumentaban las dosificaciones lo que no ocurre con el microorganismo *Trichoderma spp.* que cubrieron los costos variables incluyendo el testigo.

A continuación se presenta en el cuadro 9, el análisis de dominancia de los bioinsumos aplicados en el cultivo de la papa nativa.

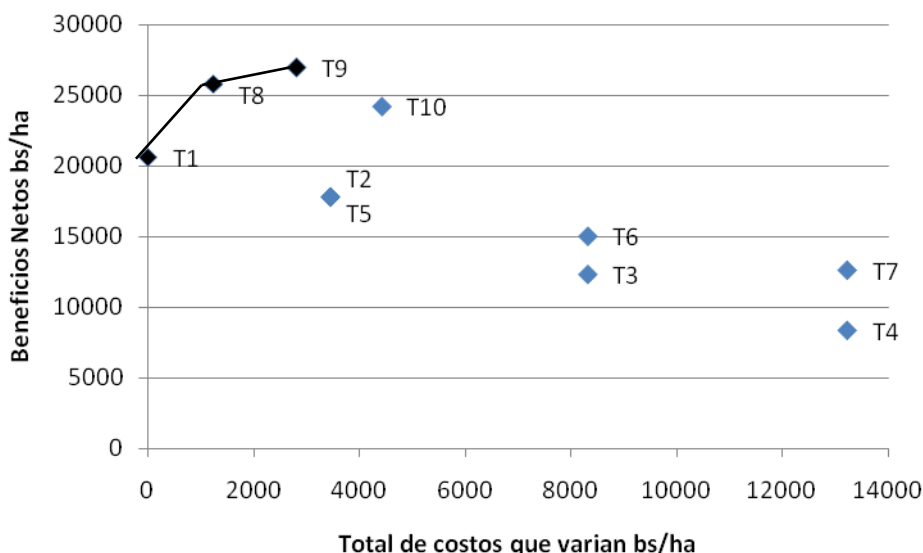
Cuadro 9. Análisis de dominancia de un ensayo sobre la aplicación de los bioinsumos

Tratamientos	TOTAL CV's	Beneficio Neto
T1 = Testigo	0	20611,8
T8 = T (40 kg/ha)	1245	25821
T9 = T (100 kg/ha)	2815	26957,6
T2 = BA (40 kg/ha)	3445	17791,4 D
T5 = BS (40 kg/ha)	3445	17791,4 D
T10 = T (160 kg/ha)	4420	24207,5 D
T3 = BA (100kg/ha)	8315	12296,8 D
T6 = BS (100kg/ha)	8315	15003,4 D
T4 = BA (160kg/ha)	13220	8329 D
T7 = BS(160 kg/ha)	13220	12596,8 D

Fuente: Elaboración propia, 2009

T1 = Testigo tradicional; T2 = B. Amyloliqefaciens (40 kg/ha); T3 = B. Amyloliqefaciens (100 kg/ha); T4 = Bacillus Amyloliqefaciens (160 kg/ha); T5 = B. Subtilis (40 kg/ha); T6 = B. Subtilis (100 kg/ha); T7 = B. Subtilis (160 kg/ha); T8 = Trichoderma (40 kg/ha); T9 = Trichoderma (100 kg/ha); T10 = Trichoderma (160 kg/ha)

Efectuando el Análisis de Dominancia en el Cuadro 9, se observa un mayor Beneficio Neto con el T9 (*Trichoderma*=100kg/ha) con 26957,6 bs/ha, seguido por el T1 (Testigo) con 20611,8 bs/ha y por último el T8 (*Trichoderma*=40kg/ha) con 25821 bs/ha, resultando ser Dominados los T2, T5, T10, T3, T6, T4, T7 por su bajo rendimiento y alto costo del producto.



T1 = Testigo tradicional; T2 = B. Amyloliqefaciens (40 kg/ha); T3 = B. Amyloliqefaciens (100 kg/ha); T4 = Bacillus Amyloliqefaciens (160 kg/ha); T5 = B. Subtilis (40 kg/ha); T6 = B. Subtilis (100 kg/ha); T7 = B. Subtilis (160 kg/ha); T8 = Trichoderma (40 kg/ha); T9 = Trichoderma (100 kg/ha); T10 = Trichoderma (160 kg/ha)

Figura 8. La curva de beneficios netos, ensayo sobre la aplicación de bioinsumos en el cultivo de la papa nativa.

Efectuando la curva de Beneficios netos se observa que han sido eliminados los T2 (*Bacillus amyloliquefaciens* = 40 kg/ha), T5 (*Bacillus subtilis* = 40 kg/ha), T10 (*Trichoderma* = 160 kg/ha), T3 (*Bacillus amyloliquefaciens* = 100 kg/ha), T6 (*Bacillus subtilis* = 100 kg/ha), T4 (*Bacillus amyloliquefaciens* = 160 kg/ha) y por último el T7 (*Bacillus subtilis* = 40 kg/ha), por encontrarse por debajo de la curva. Debido a que solo los tratamientos no dominados se incluyen en la curva, en la que su pendiente siempre será positiva.

Así que el agricultor puede tomar como alternativa cualquiera de los T1, T8, T9 ya que los retornos son aceptables, pero si quiere optimizar su producción tendrá que optar por T9 (*Trichoderma* = 100kg/ha), pues esta es la que reporta los mayores beneficios netos debido a los rendimientos obtenidos para este tratamiento.

A continuación se presenta en el cuadro 10, el análisis marginal sobre la aplicación de bioinsumos en sus diferentes dosis en el cultivo de papa nativa.

Cuadro 10. Análisis marginal sobre la aplicación de bioinsumos en diferentes dosis en el cultivo de papa nativa.

Tratamientos	Costos que varían bs/ha	Costos marginales bs/ha	Beneficios netos bs/ha	BN marginales bs/ha	Tasa de retorno marginal
T1 = Testigo	0		20611,8		
T8 = T (40 kg/ha)	1245	1245	25821	5209,2	418 %
T9 = T (100 kg/ha)	2815	1570	26957,6	1136,6	72 %

Fuente: Elaboración propia, 2009

T1 = Testigo tradicional; T2 = B. Amyloliquefaciens (40 kg/ha); T3 = B. Amyloliquefaciens (100 kg/ha); T4 = Bacillus Amyloliquefaciens (160 kg/ha); T5 = B. Subtilis (40 kg/ha); T6 = B. Subtilis (100 kg/ha); T7 = B. Subtilis (160 kg/ha); T8 = Trichoderma (40 kg/ha); T9 = Trichoderma (100 kg/ha); T10 = Trichoderma (160 kg/ha)

Finalmente en el Cuadro 10, se muestra la Tasa de Retorno Marginal, donde se observa con mayor claridad los tratamientos que sobresalieron y que estos mismos generan mayor beneficio; así pues el T1 (testigo) y T8 (*trichoderma* = 40 kg/ha) nos dio un mayor Beneficio reportándonos una TRM de 418% y por último el T8 (*trichoderma* = 40 kg/ha) y T9 (*trichoderma* = 100 kg/ha) con 72%. Por los

datos anteriores enunciados, se confirma que la planificación de una producción con *Trichoderma spp.* en el T9 del cultivo de papa nativa disminuyó los costos de producción, además ayudo al incremento de los rendimientos por lo que se obtuvieron mayores beneficios de retorno.

El objeto del análisis marginal es revelar exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida. Es decir que si al pasar por el T8 (*trichoderma* = 40 kg/ha), el agricultor invierte Bs. 1245 en adquirir y aplicar bioinsumos, recupera los Bs. 1245 (hay que recordar que los costos ya se restaron de los beneficios brutos de campo), mas Bs. 5209,2. Esto significa que por cada Bs. 1,00 invertido en adquirir y aplicar bioinsumos, el agricultor puede esperar recobrar el Bs. 1 y obtener Bs. 4,18 adicionales para los T1 (testigo) al T8 (*trichoderma* = 40 kg/ha), lo propio pasa con el T8 (*trichoderma* = 40 kg/ha) al T9 (*trichoderma* = 100 kg/ha) por cada Bs. 1,00 invertido, recupera su Bs. 1,00 mas Bs. 0,72.

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Ochoa (1999), quien afirma que el uso de bioinsumos antagónicos naturales o manipulados genéticamente para inhibir la habilidad de los patógenos del suelo que causan enfermedades en las plantas presenta ventajas económicas y ecológicas sobre muchos otros métodos de control. Estas ventajas se reflejan por el creciente número de productos biológicos comerciales y por el incremento en el número de técnicos y productores que incorporan en sus estrategias de manejo este tipo de producto.

Los costos de producción de papa nativa son similares entre todas las zonas productoras. La tecnología empleada en la producción de papa nativa es baja, es decir, está por debajo de la tecnología media, teniendo en cuenta que la producción promedio por hectárea es de siete (7) toneladas; con tecnología e insumos propios, es así que:

- La siembra. No usan la tecnología mecanizada. Preferentemente, emplean el famoso Chaquitaklla en la siembra al 100 % en todas las comunidades (herramienta incaica).

- Labores Culturales: el aporque, reaporque (Qallmay) y otras actividades culturales lo hacen con el azadón y lampa o chiuka (de fabricación artesanal); no usan casi para nada la yunta; para otros cultivos si, como la siembra de cebada, haba, avena, etc.

- La cosecha. Lo hacen empleando el azadón, lampa y el pico. Esta actividad es una verdadera fiesta, donde participan familias íntegras, con canciones “Qarawi”.

- Almacenamiento. Una vez cosechada la papa, realizan la selección minuciosa, destinando para la semilla del próximo año, otra parte para el autoconsumo, que son almacenados en lugares especiales, con muña, eucalipto y otras hierbas preservantes contra las enfermedades y plagas. Los sobrantes son destinados al mercado ya sea a la feria, a la ciudad de Tambo o en su defecto son vendidos a los negociantes que llegan a la misma comunidad o chacra.

VII. CONCLUSIONES

En esta investigación, se realizó un estudio relativo del daño de *H. solani*, sobre tubérculos de papa variedad Pinta boca, obtenidos en la Fundación PROINPA, ubicada en la ciudad de Cochabamba, en la Comunidad de Colomi.

Para las variables agrofisiológicas no se pudo demostrar que los bioinsumos *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Trichoderma* aplicados en sus diferentes dosis de aplicación (40, 100 y 160 kg/ha), afecten la emergencia de la papa nativa.

No se pudo demostrar que la aplicación de los bioinsumos *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Trichoderma* afecten la altura de planta. La interacción de los factores Bioinsumo x Dosis muestra un efecto significativo en la altura de planta, es decir con la dosis baja (40 kg/ha) *Bacillus subtilis* permite una altura de planta más baja de 43,33 cm, respecto a *Bacillus amyloliquefaciens*. Contrariamente *Trichoderma* en su menor dosis de aplicación (40 kg/ha), permite un incremento en la altura de planta de 52,77 cm.

Para la variable cobertura foliar y número de tallos no se pudo demostrar que los bioinsumos *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Trichoderma* aplicados en sus diferentes dosis de aplicación (40, 100 y 160 kg/ha), existan diferencias significativas.

No se pudo demostrar que la interacción de los bioinsumos x dosis *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Trichoderma* afecten el rendimiento. La aplicación de los Bioinsumo muestra un efecto significativo en el rendimiento, es decir que *Trichoderma*, permite un incremento de 9122 kg/ha es superior estadísticamente a *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens*.

Este efecto favorable de *Trichoderma* en el rendimiento se debe a su efecto fungistático que ofrece un control eficaz de enfermedades de las plantas, dando protección a la raíz y el follaje, su efecto como promotor de crecimiento logrando que las plantas alcancen un desarrollo más rápido que aquellas plantas que no hayan sido tratadas con dicho microorganismo.

En relación al control de la enfermedad *Helminthosporium solani* el microorganismo *Trichoderma* en la dosis de 100 kg/ha, permite reducir la Incidencia de 35,13% y la Severidad en un 20%, en comparación con el testigo.

De acuerdo al análisis de la tasa de retorno marginal (TRM), se puede indicar que la producción de papa nativa con *Trichoderma* permite una mejora de los beneficios económicos debido a que permite reducir los costos de producción e incrementar el rendimiento del cultivo, ya que por cada boliviano invertido los productos recuperan Bs. 0,72.

Por los datos enunciados de la tasa de retorno marginal, se confirma que la planificación de una producción con *Trichoderma* del cultivo de papa nativa disminuyo los costos de producción, además ayudo al incremento de los rendimientos por lo que se obtuvieron mayores beneficios de retorno.

VIII. RECOMENDACIONES

Se deben difundir las ventajas de la papa nativa por ser un cultivo con alto valor ecológico, nutricional y con diferencias significativas en el proceso de producción de los cultivares o "*variedades mejoradas*".

Se recomienda para el agricultor el uso del microorganismo *Trichoderma* por los mayores rendimientos que llegaron a obtenerse en el tema de investigación, además de controlar a la enfermedad mancha plateada.

El empleo del *Trichoderma* puede beneficiar a los productores agrícolas en sus propósitos de lograr cosechas más sanas y con mayor productividad.

El problema de *Helminthosporium solani* adquiere aun más importancia, por el hecho de que cada vez se están detectando mayores cantidades de cepas de hongo, que son resistentes a los productos químicos. Y por lo tanto se debe seguir realizando investigaciones para disminuir la enfermedad de la mancha plateada.

No almacenar tubérculos de papa cuyas plantas han desarrollado en suelos infestados por *Helminthosporium solani*, etc. Todos estos patógenos continúan desarrollándose en los tubérculos almacenados.

En la determinación de costos es recomendable tomar en cuenta la frecuencia del uso del producto *Trichoderma*, recomendando a los productores su utilización durante varias gestiones agrícolas para colonizar y recolonizar el suelo con el biocontrolador.

IX. BIBLIOGRAFIA

AGRIOS, GN. 1998. Fitopatología: Enfermedades de las plantas. Trad. Del Ingles por Manuel Guzmán Ortiz. México, D.F., LIMUSA. 755p.

ANAPO, 2004. Asociación de Productores Oleaginosas y Trigo, BO. Guía de recomendaciones y técnicas para el cultivo de soya. Ed. rev. Santa Cruz, Bolivia. 96 p.

ARCIA, A. M. 1995. Uso de Antagonistas en el Control de Fitopatógenos del Suelo In Curso sobre Control Microbial de Insectos Plagas y Enfermedades en Cultivos.

BAINS, P., BISHT, V y BERNARD.D. 1997. Soil survival and Thiabendazole sensitivity of *Helminthosporium solani* isolates from Alberta, Canada. Potato Research. 39. pp 23-30

BERTSCHINGER, L.; U.C. SCHEIDEGGER; K.LUTHER; O.PINILLOS; A.HIDALGO. 2000. La Incidencia de virus de papa en cultivares nativos y mejorados en la sierra peruana. Revista Latinoamericana de la Papa, 3:62-79.

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

CIAMPI, L. 2002. Introducción a la patología vegetal. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia (Chile). Nuova Firenze. 231p.

CALDERON, R; FRANCO, J.; CRESPO, L.; V.; FIGUEROA, I. 2004. Principales plagas del cultivo de papa en Bolivia. Fundación PROINPA, DFID. 36P.

CIAL, 2007. COMITES DE INVESTIGACION AGRICOLA. Informe anual Programa de Investigación de la Papa (PROINPA) y Diagnóstico Rural. Participativo (DRP) Local Estación Experimental Toralapa. Cochabamba.

CIP, 2000. Centro Internacional de la Papa, Programa Colaborativo de Conservación y uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos. Informe Anual. Lima Perú. 88p.

CIP y CARE, 2002. Guía para facilitar el desarrollo de escuelas de campo de agricultores (Manejo Integrado de las principales enfermedades e insectos de la papa).

CIP – PERU 2005. La papa y la alimentación Mundial. Perú Ecológico. Disponible en: <http://www.peruecologico.com.pe/tubpapa.htm>. consultado el 9-03-09.

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.

CONDORI, P; ALMANZA, J.; GONZALES, S. 2003. Factores limitantes de producción que inciden a los tubérculos andinos. En manejo sostenible de la agrobiodiversidad de tubérculos andinos: Síntesis de investigaciones y experiencias en Bolivia. Editado por Willman García y Ximena Cadima. Fundación PROINPA / Gobierno Municipal de Colomi/CIP/COSUDE. Cochabamba (Bol.) p 63-73.

CONTRERAS, A. 2005. La papa. Consultado en línea el 25 de octubre del 2007, Disponible en:

www.agrarias.cl/instituto/prod_sanidad_vegetal/webpapa/mpapa.html

CHOQUE, G. 2000. Análisis descriptivo de características agromorfológicas en 27 accesiones de papas nativas en la Estación Experimental Belén. Tesis de Grado Licenciatura en Ingeniería Agronómica Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía La Paz Bolivia. 217 p.

COINBOL, 20002. Comercializadora Internacional de Insumos Biologicos, CO. Boletín Informativo sobre insumos biológicos. Trichoderma spp. Ed. rev. Palmira, CO. Editorial PAUTA, 19-21 p.

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:

<http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y4137S/y4137s06.htm> consultado del 31 de Mayo.

GOBIERNO MUNICIPAL DE COLOMI. 2002. Plan de Desarrollo Municipal Ajustado: Quinquenio 2003 – 2007. Vice ministerio de Planificación Estratégica y Participación Popular – PDCR-II. Cochabamba (Bol.). 262p.

GONZALEZ, V. y FRAGOSO, S. 2002. *Bacillus subtilis*. Consultado el 20 de Feb. 2007. Disponible en página web:

www2.cbm.vam.es/microali/pdfs/Bsubtilispdf

GONZALEZ, C.; RODRIGUEZ, L.; ARJONA, C.; PUERTAS, A.; FONSECA, M. 2000. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* R. sobre la composición cuantitativa de Bacterias, Hongos y Actinomicetos de la rizosfera de Solanaceas y su influencia en el crecimiento vegetativo. Consultado el 31 de mayo del 2009, disponible:

www.pu.fagro.edu.cu/fitopato/curso_CB/practicos_resultados.html.

GOMEZ, S, J. 2001. Control Biológico: Procedimiento de colonización. Ed. Habana, CU. Editorial Pueblo y Educación. 41-49p.

GUTIERREZ, M. 2000. Sarna plateada. Achipa (Chile).6 – 5 p.

HARMAN, G. 2000. *Trichoderma* spp., including *T. Harzianum*, *T. Viride*, *T. Koningii*, *T. Hamatum* and other spp. Deuteromycetes, Moniliales (asexual classification system). Consultado 28 de octubre de 2008. Disponible en pagina web: www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/trichoderma.html.

HIDALGO, O. 1997. Producción de tubérculos - semilla de papa. Centro Internacional de Papa. 19 p. Lima-Perú.

HILTON, A., STEWART, H., LINTON, S., NICOLSON, M y LEE, A. 2000. Testing the resistance to Silver scurf in commercial potato cultivars under controlled environmental conditions. *Potato Research*. 43: 263-272.

HODA, A., EL, M., ALLAM, A. y FAHYMY, F. 2000. Biological control of root-rots and wilt diseases of cotton. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*. 31: 2, 269-285.

INE, 2001. ESTADISTICAS NACIONALES. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. 348 p. La Paz – Bolivia.

INIA, 2007. Estación Experimental Santa Ana, Huancayo. Consultado en línea el 25 de octubre del 2007, Disponible en página web:

www.inia.cl/quilamapu/pubbycom/informativos/info_60.htm

INFOAGRO, 2004. Hortalizas, cultivo de papa. Costa rica. Consultado el 31 de marzo del 2009. Disponible en: www.infoagro.com/cultivo/hort.

LUCIO, I. LITZA, L. JAVIER, F. DAVID, F. 2000. El rol del Género en la Conservación, Localización y Manejo de la Diversidad Genética de Papa, Tarwi y Maíz. FAO, BIOMASA, IPGRI. 1ra Edición. Cochabamba – Bolivia. 77p.

MAMANI, 2003. Compost morfológico y fisiológico de dos clones de papa sometidos a estrés hídrico por sequía. La Molina. Lima - Perú. 74 pp.

MAHONEY, S y CHRIST, B. 2001. Northampton County Cooperative Extension Vegetable and Fruit Production. Disponible en pagina web: www.northampton.extension.psu.edu /AgNR/vegfrt.html> (10 sep 2001).

MADIGAN M; MARTINKO J. (2005). Brock Biology of Microorganisms, 11th ed., Prentice Hall. Consultado en línea el 06 de febrero del 2008, Disponible en: www.ISBN 0-13-144329-1.

MDSP, 2008. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Estrategia Nacional de Biodiversidad en Bolivia La Paz. 193p.

MERIDA, C y LORIA, R. 1994. Effects of pottato cultivars and time of harvest on the severity of Silver scurf. Plant Disease. 78:(2). 146-149.

MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG). 2000. Diseño de una estrategia de control integrado orientada a incrementar la calidad fitosanitaria certificada del cultivo de la papa de semillas SZ, sus asociados y productores de la zona sur de Chile. 157p.

MORALES, M. E. 2000. Selección de cultivares nativos de papa de diferentes especies (*Solanum x ajanhuiri*, *Solanum x juzepczukii* y *Solanum*, spp. Andígena) por su respuesta a bajos niveles de fosforo. Tesis de Grado Licenciatura en Ingeniería Agronómica Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía La Paz Bolivia. 70 p.

OCHOA, S. 1999. Información general sobre patógenos y antagonistas. En línea. Norte America. Consultado 31 de Mayo de 2009.

Disponible en <http://www.aproam.com/contenido/boletines/autor.htm>

OLIVIER, C., HALSETH, D., MIZUBUTTI, S y LORIA, R. 1996. Postharvest application of organic and inorganic salts for suppression of Silver scurf on potato tubers. *Plant Disease*. 82: (2) 213-217.

ORIOUS (Organización de Industrias Unidas, CO), 2004. Ficha técnica de Productos: Trichoderma: en línea Villavicencio,CO. Consultado el 31 de mayo de 2009. Disponible en <http://www.oriusbiotecnologia.com/productos/trichod.htm>.

PAPAS BOLIVIANAS, 2005. "Catalogo de Cien Variedades Nativas". 2da Edición. Marzo 2005.

PCBRTA, 1995. PROGRAMA COLABORATIVO BIODIVERSIDAD DE RAÍCES Y TUBÉRCULOS ANDINOS. Memorias 1993-1994. CIP-COTESU-CONDESAN, Lima, Perú. 321 p.

PORCO, C. F. 1999. Diagnostico preliminar de enfermedades que afectan los cultivos hortícolas en la zona de Rio abajo del Departamento de La Paz. Tesis de Grado Licenciatura en Ingeniería Agronómica Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia.

PROINPA, 2008. PROGRAMA DE INVESTIGACION DE LA PAPA. Feria de Colomi. Dr. Antonio Gandarillas. Cochabamba-Bolivia.

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.

RODRIGUEZ, L., JULIA, V. 2006. Efecto antagónico y biocontrolador de algunos bioinsumos saprofitos contra *Rhizoctonia solani*. Consultado 15 de sept. 2008
Disponible en página:
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Salud/Rodriguez_LV/Introduc.

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

SAS, 2000 (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, US). Introductory guide for personal computers. United States Version 8.0. 1 diskette (90 min, 3 ½ pulg), 846 bytes.

SECOR, G. 2000. Silver scurf of potato. In: Department of plant pathology. North Dakota State University. Disponible en línea:

www.ndsu.nodak.edu/instruct/gudmesta/lateblight/image3_3.html. (09 sep. 2001).

SHETTY, K., FRAZIER, M., KLEINKOPF, G y NOLTE, P. 1996. Silver scurf of potatoes. In: Potato Storage Research. Kimberly Research and Extension Center. University of Idaho. College of Agriculture. Disponible en línea

www.kimberly.uidaho.edu/potatoes/ssmanage.htm. (9 sep. 2001).

SNOWDON, A. 1991. A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruit and vegetables. Copyright. Aylesbury. England. 416p.

SMITH, I., DUNEZ, J., LELLIOTT, R., PHILLIPS, D y ARCHER, S. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Ed. Mundi-prensa, Madrid (España). 671p.

STEFANOVA, M. 2002. Producción y aplicación de *Trichoderma* ssp. como antagonista de hongos fitopatógenos. Instituto de Sanidad Vegetal (en línea). Habana, CU. Consultado el 31 de mayo de 2009.

Disponible en <http://www.aguascalientes.gov.cu/agro/produce/inuescuba.html>.

TODOPAPA, 2007. Sarna plateada. Consultado en línea el 25 de octubre del 2007, Disponible en: www.todopapa.com.ar/?OpcionID=4011

TORREZ, H. 2002. Manual de las enfermedades más importantes en el Perú. Centro internacional de la papa. Protocolo de transferencia de hipertexto (On line). Consultado en línea el 25 de octubre del 2007,

Disponible en: www.cipotato.org/trainig/materials/Htorres/HtorresRR

THRANE, C.; LUBECK, M.; DEGEFU, Y.; ALLERUP S.; TRANE, U. and FUNCK-JENSEN, D. 1995. A tool for monitoring *Trichoderma harzianum*: I Transformation with the GUS Gene by Protoplast technology. *Phytopathology* 85(11):1428-1435.

UCLA, 2005. Trabajo Mimo grafiado, Enfermedades del cultivo de la Papa Nativa, presentado en seminario en la Universidad Centro Occidental Barquisimeto - Venezuela. 20 p.

WILLIAN, G. FERNANADO, P. JULIO, E. OSCAR, P. 2005. Fundación PROINPA Carpeta Socioeconómica del Municipio de Colomi. Documento de trabajo N° 27. Cochabamba – Bolivia. 33p.

VALDERRAMA, F. 2007 - 2008. (PROINPA), PROMOCION E INVESTIGACION DE PRODUCTOS ANDINOS. Informe Anual de Proyectos. Cochabamba-Bolivia. 60 p.

ANEXOS 1. FUENTE DE VARIACION DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

EMERGENCIA

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc	Pr
REP	2	53.85	26.92	2.71	0.09 NS
BACTER	2	3.62	1.81	0.18	0.83 NS
DOSIS	2	9.85	4.92	0.50	0.61 NS
BACT* DOSIS	4	1.70	0.42	0.04	0.99 NS
ERROR	16	158.81	9.92		
TOTAL	26	227.85			

C.V. = 11.22 $R^2 = 0.30$

ALTURA DE PLANTA

ANVA	GL	SC	CM	Fc	Prob
REP	2	56.17	28.08	0.42	0.65 NS
BACTER	2	119.13	59.56	0.89	0.41 NS
DOSIS	2	133.95	66.97	1.00	0.37 NS
BACT* DOSIS	4	671.60	167.90	2.50	0.05 *
ERROR	70	4699.38	67.13		
TOTAL	80	5680.24			

C.V. = 20.36 $R^2 = 0.12$

COBERTURA FOLIAR

ANVA	GL	SC	CM	Fc	Ft
REP	2	730.46	365.23	14.21	0.0001 **
BACTER	2	49.35	24.67	0.96	0.38 NS
DOSIS	2	35.95	17.97	0.70	0.50 NS
BACT* DOSIS	4	190.93	47.73	1.86	0.12 NS
ERROR	70	1799.53	25.70		
TOTAL	80	2806.24			

C.V. = 23.57 $R^2 = 0.35$

NUMERO DE TALLOS

ANVA	GL	SC	CM	Fc	Ft
REP	2	2.29	1.14	2.63	0.07 NS
BACTER	2	0.88	0.44	1.02	0.36 NS
DOSIS	2	0.51	0.25	0.59	0.55 NS
BACT* DOSIS	4	2.59	0.64	1.48	0.21 NS
ERROR	70	30.59	0.43		
TOTAL	80	36.88			

C.V. = 28.78 $R^2 = 0.17$

RENDIMIENTO

ANVA	GL	SC	CM	Fc	Ft
REP	2	0.40	0.20	0.52	0.62 NS
BACTER	2	6.52	3.26	8.48	0.003 **
DOSIS	2	0.54	0.27	0.71	0.50 NS
BACT* DOSIS	4	0.57	0.14	0.38	0.82 NS
ERROR	16	6.15	0.38		
TOTAL	26	14.20			

C.V. = 15.89

R² = 0.56

ANEXOS 2. COMPARACION DE MEDIAS DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

Altura de planta

DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA	74	94	108	115	128
T1=Testigo Tradicional	16.33 A	35.33 A	44.44 AB	50.55 A	53.00 A
T2 = BA (40 kg/ha)	15.66 A	35.55 A	43.88 ABC	48.33 A	49.44 A
T3 = BA (100 kg/ha)	18.33 A	36.11 A	42.22 ABC	46.11 A	47.22 A
T4 = BA (160 kg/ha)	16.11 A	29.66 A	35.00 C	40.00 A	43.33 A
T5 = BS (40 kg/ha)	15.33 A	29.44 A	35.55 BC	42.22 A	43.33 A
T6 = BS (100 kg/ha)	15.88 A	34.22 A	42.22 ABC	48.00 A	51.88 A
T7 = BS(160 kg/ha)	16.33 A	34.77 A	39.44 ABC	46.77 A	48.33 A
T8 = T (40 kg/ha)	18.33 A	37.22 A	45.55 A	50.55 A	52.77 A
T9 = T (100 kg/ha)	16.33 A	33.00 A	38.88 ABC	44.44 A	46.66 A
T10 = T (160 kg/ha)	15.55 A	34.55 A	41.66 ABC	47.22 A	49.44 A

COBERTURA FOLIAR

FECHA Y DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA	10/01/2008	24/02/2008	01/02/2008	13/02/2008
	94	108	115	128
T1 = Testigo Tradicional	13.55 A	19.00 A	23.11 A	24.22 AB
T2 = BA (40 kg/ha)	13.66 A	18.77 A	20.22 A	23.44 B
T3 = BA (100 kg/ha)	13.77 A	17.00 A	19.33 A	21.55 AB
T4 = BA (160 kg/ha)	11.22 A	16.00 A	18.44 A	20.22 B
T5 = BS (40 kg/ha)	13.00 A	16.88 A	20.33 A	21.44 AB
T6 = BS (100 kg/ha)	15.88 A	18.88 A	23.77 A	25.00 AB
T7 = BS(160 kg/ha)	15.55 A	19.11 A	22.33 A	25.11 AB

T8 = T (40 kg/ha)	13.33 A	18.33 A	20.88 A	24.55 AB
T9 = T (100 kg/ha)	15.33 A	20.44 A	23.77 A	26.66 A
T10 = T (160 kg/ha)	14.00 A	18.88 A	21.22 A	24.55 AB

RENDIMIENTO

	Kg/ha
T1 = Testigo Tradicional	6600 B
T2 = BA (40 kg/ha)	6800 B
T3 = BA (100 kg/ha)	6600 B
T4 = BA (160 kg/ha)	6900 B
T5 = BS (40 kg/ha)	6800 AB
T6 = BS (100 kg/ha)	7467 AB
T7 = BS(160 kg/ha)	8267 AB
T8 = T (40 kg/ha)	8667 A
T9 = T (100 kg/ha)	9533 A
T10 = T (160 kg/ha)	9167 A

ANEXO 3. CALCULO DEL PORCENTAJE DE INCIDENCIA UTILIZANDO LA SIGUIENTE FORMULA.

$$(T1 - R1) \text{ Incidencia \%} = (N \text{ de tubérculos enf.} / N \text{ de tubérculos sanos}) * 100$$

Y los resultados obtenidos son los siguientes:

$$(T1 - R1) \text{ Inc. \%} = (74/100) * 100 = 74\%$$

$$(T2 - R2) \text{ Inc. \%} = (72/100) * 100 = 72\%$$

$$(T3 - R3) \text{ Inc. \%} = (87/100) * 100 = 87\%$$

El siguiente cuadro muestra los promedios de Incidencia, obtenidos en todos los tratamientos niveles de infestación con *H. solani* estudiados.

MANCHA PLATEADA				
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	INCIDENCIA % Promedio
T1 = Testigo Tradicional	74	95	90	86,33 >

T2 = BA (40 kg/ha)	69	72	71	70,67
T3 = BA (100 kg/ha)	67	66	87	73,33
T4 = BA (160 kg/ha)	66	73	76	71,66
T5 = BS (40 kg/ha)	89	78	82	83,00
T6 = BS (100 kg/ha)	81	60	89	76,67
T7 = BS(160 kg/ha)	67	74	88	76,33
T8 = T (40 kg/ha)	73	80	71	74,67
T9 = T (100 kg/ha)	34	58	76	56,00 <
T10 = T (160 kg/ha)	84	89	73	82,00

ANEXOS 4. TOMA DE DATOS DEL PORCENTAJE DE SEVERIDAD DE LA MANCHA PLATEADA

TRATAMIENTOS	ESCALA	R1	R2	R3
T1	Sano	18	3	6
	Trazas 5%	8	2	4
	5 - 10%	27	11	12
	10 - 25%	9	13	20
	25 - 50%	17	30	30
	mayor a 50%	21	40	30
T2	Sano	15	12	17
	Trazas 5%	16	16	12
	5 - 10%	20	14	13
	10 - 25%	17	20	16
	25 - 50%	16	14	23
	mayor a 50%	16	24	19
T3	Sano	13	13	5
	Trazas 5%	21	21	8
	5 - 10%	16	20	16
	10 - 25%	26	20	21
	25 - 50%	15	11	14
	mayor a 50%	9	15	36
T4	Sano	24	8	13
	Trazas 5%	10	20	11
	5 - 10%	16	15	8
	10 - 25%	23	18	14
	25 - 50%	17	15	20
	mayor a 50%	10	24	34

T5	Sano	7	10	9
	Trazas 5%	4	13	9
	5 - 10%	18	18	12
	10 - 25%	31	19	20
	25 - 50%	20	29	21
	mayor a 50%	20	11	29
T6	Sano	11	20	6
	Trazas 5%	8	22	7
	5 - 10%	26	22	10
	10 - 25%	29	10	20
	25 - 50%	16	10	25
	mayor a 50%	10	16	32
T7	Sano	18	9	4
	Trazas 5%	15	17	8
	5 - 10%	18	21	8
	10 - 25%	23	24	22
	25 - 50%	16	19	19
	mayor a 50%	10	10	39
T8	Sano	11	10	13
	Trazas 5%	16	12	16
	5 - 10%	21	22	11
	10 - 25%	23	19	19
	25 - 50%	16	24	21
	mayor a 50%	13	13	20
T9	Sano	15	17	9
	Trazas 5%	18	23	15
	5 - 10%	28	21	12
	10 - 25%	23	17	19
	25 - 50%	8	11	14
	mayor a 50%	8	11	31
T10	Sano	10	4	10
	Trazas 5%	6	4	17
	5 - 10%	19	10	16
	10 - 25%	19	15	26
	25 - 50%	14	60	18
	mayor a 50%	32	0	13

ANEXO 5. CALCULO DEL PORCENTAJE DE SEVERIDAD UTILIZANDO LA SIGUIENTE FORMULA:

Este parámetro nos ayudo a obtener el área afectada por tubérculo mediante la escala: 0 = sano; 1 = trazas – 5%; 2 = 6 – 10%; 3 = 11 – 15%; 4 = 16 – 25%; 5 = 26 – 50%; 6 = mayor a 50% mediante la siguiente formula Índice de Daño:

$$I.D. \% = (m * v) / i * N$$

Donde:

I.D. = Índice de daño

v = Valor de cada categoría

i = Valor de la categoría más alta

m = Numero de tubérculos en cada categoría

N = Número total de tubérculos investigados

$$\text{I.D. \%} = (m * v) / i * N$$

$$\text{(T1 - R1) I.D. \%} = \frac{(18*1) + (8*2) + (27*3) + (21*4) + (17*5) + (9*6)}{6*100}$$

$$\text{(T1 - R1) I.D. \%} = \frac{18 + 16 + 81 + 84 + 85 + 54}{600}$$

$$\text{(T1 - R1) I.D. \%} = 0,56 \sim 56,33$$

$$\text{(T2 - R2) I.D. \%} = \frac{(3*1) + (2*2) + (11*3) + (13*4) + (30*5) + (40*6)}{6*100}$$

$$\text{(T2 - R2) I.D. \%} = \frac{3 + 4 + 33 + 52 + 150 + 240}{600}$$

$$\text{(T2 - R2) I.D. \%} = 0,80 \sim 80,33$$

$$\text{(T3 - R3) I.D. \%} = \frac{(6*1) + (4*2) + (12*3) + (20*4) + (30*5) + (30*6)}{6*100}$$

$$\text{(T3 - R3) I.D. \%} = \frac{6 + 8 + 36 + 80 + 150 + 180}{600}$$

$$\text{(T3 - R3) I.D. \%} = 0,76 \sim 76,66$$

La severidad en la enfermedad Mancha plateada (*Heliminthosporium solani*) en el cultivo de papa nativa de la variedad Pinta boca

MANCHA PLATEADA				
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	SEVERIDAD % Prom.
T1 = Testigo Tradicional	56,33	80,33	76,66	71,11 >
T2 = BA (40 kg/ha)	58,5	63,33	62,16	61,33
T3 = BA (100 kg/ha)	56	56,66	73,16	61,94
T4 = BA (160 kg/ha)	54,83	64	69,83	62,89
T5 = BS (40 kg/ha)	68,83	62,83	70,33	67,33
T6 = BS (100 kg/ha)	60,16	52,66	74,5	62,44
T7 = BS(160 kg/ha)	55,66	59,5	76,83	64,00
T8 = T (40 kg/ha)	59,33	62,33	63,16	61,61
T9 = T (100 kg/ha)	52,5	52,5	67,83	57,61 <
T10 = T (160 kg/ha)	76,5	67	60,66	68,05