

Control del *Damping off* mediante la aplicación de bioinsumos en almácigos de cebolla en el Valle Alto de Cochabamba – Bolivia

Ana Maria Medrano Echalar¹, Noel Ortuño²

¹Departamento de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad Católica Boliviana,

²Fundación PROINPA

e-mail: anita_medrano@hotmail.com

Resumen

La producción de cebolla en el Valle Alto de Cochabamba presenta problemas importantes en la fase del almácigo. Una de las enfermedades típicas de esta fase es el *Damping off* (conocido como mal de almaciguera), causada por tres hongos patógenos de suelo: *Fusarium*, *Pythium* y *Rhizoctonia*. En el presente trabajo se evaluaron bioinsumos para el control del *Damping off* en almácigos de cebolla en dos comunidades de la provincia Punata, ubicadas en el Valle Alto de Cochabamba. Los tratamientos orgánicos utilizados fueron: *Trichoderma*, micorrizas, humus de lombriz y la combinación de los mismos. Se complementó con un tratamiento químico y un tratamiento blanco -testigo-. Las plántulas tratadas con bioinsumos mostraron mejores cualidades agronómicas y mejor control de la enfermedad frente a los tratamientos químicos, además inicialmente no presentaron impactos negativos al medio ambiente ni a la salud. Si bien el uso de bioinsumos implica inversión económica, ésta se convierte en ganancia al aumentar los rendimientos de las cosechas y, más aún, al otorgarles valor agregado en el mercado por ser productos orgánicos.

Palabras clave: Almácigo, bioinsumo, control biológico, *Damping off*, *Trichoderma*, micorrizas, humus de lombriz, Cochabamba

1 Introducción

La producción de cebolla presenta gran importancia económica a nivel mundial. La cebolla es una de las hortalizas más consumidas debido al alto valor nutritivo que presenta; se caracteriza por ser fuente de vitamina A, B y C y por aportar macroelementos a nuestro organismo [16].

En Bolivia existe una importante producción de cebolla y se la realiza mediante el sistema de siembra indirecta, esto por que los demás sistemas de siembra no se ajustan a

las realidades económicas ni sociales de nuestro país [9]. Esta metodología contempla las siguientes etapas: el almácigo, el trasplante y la cosecha.

El almácigo está definido como el área de terreno preparada para depositar la semilla y proporcionar los máximos cuidados durante la germinación y emergencia de la plántula. La importancia de esta etapa radica en que determina la calidad de la plántula; un almácigo con plántulas sanas y uniformes garantiza una cosecha sana y uniforme. Sin embargo, existe el riesgo de diseminar nemátodos y agentes patógenos como enfermedades fungosas y bacterianas a la siguiente etapa (el trasplante) [1].

La producción de cebolla en la región de los valles de Bolivia presenta problemas importantes en el almácigo. Esto se debe a factores como la elevada densidad de siembra, la deficiente nivelación de platabandas (que puede provocar encharcamiento), la mala calidad de la semilla (bajo poder germinativo y bajo porcentaje de pureza) y, principalmente, el ataque de enfermedades causadas por hongos patógenos del suelo, como el *Damping off* [9].

Se llama *Damping off* a la enfermedad conocida como “mal de almaciguera”, causada por tres hongos patógenos de suelo que afectan una amplia gama de cultivos. Estos hongos son *Fusarium*, *Pythium*, y *Rhizoctonia*. El medio de infección de estos hongos es a través del suelo y se presenta atacando las plántulas antes o después de la germinación [8].

Por lo general, el *Damping off* se presenta en las primeras semanas del almácigo cuando las plántulas empiezan a emerger. Los síntomas que se presentan son una coloración amarilla de las puntas del follaje, posteriormente marchites y finalmente, muerte de las plántulas [9].

Para el control fitosanitario en almacigueras existen varias técnicas. Generalmente, en Bolivia no se utiliza ninguna de ellas. Es común conformarse con grandes pérdidas de plántulas. Sin embargo, hoy en día la utilización de productos químicos para la desinfección de almacigueras se hace cada vez más común pero hay problemas en el modo de utilización de estos productos. Se ha comprobado que la utilización de agroquímicos trae severos problemas de contaminación, pone en riesgo a la salud y a la biodiversidad [8].

Por otra parte, las exigencias internacionales de seguridad alimentaria para exportaciones son cada vez más exigentes en cuanto al uso de insumos químicos. Al mismo tiempo, en el mercado existe una creciente demanda de alimentos orgánicos.

Por esta razón, en los últimos años, se ha ido experimentando diferentes formas de realizar agricultura sostenible, como la agricultura orgánica. La agricultura orgánica, promueve el crecimiento y la diversidad de microorganismos (no patógenos) con potencial para controlar otros microorganismos causantes de enfermedades [8]. Un ejemplo de este tipo de estrategias es el control biológico.

Asimismo, los principales agentes del control biológico son insectos benéficos (como parásitos y predadores), hongos, bacterias, virus y nemátodos no patógenos.

Entre los géneros de hongos, se tiene el *Gliocladium* y *Trichoderma*, siendo este último el más utilizado en el control de patógenos del suelo [7].

Trichoderma se constituye en el fungicida biológico más estudiado y empleado en la agricultura [7]. Es un género de hongos que viven libremente en la tierra y ecosistemas de la raíz [10]. Sus propiedades antagónicas se basan en la activación de mecanismos muy diversos. Pueden ejercer el biocontrol de hongos fitopatógenos indirectamente (compitiendo por espacio y/o nutrientes, modificando las condiciones ambientales, estimulando el crecimiento de las plantas y sus mecanismos de defensa o produciendo antibióticos) y también pueden realizar biocontrol directamente mediante mico parasitismo [3].

Otros efectos beneficiosos de *Trichoderma* son la estimulación del crecimiento y el desarrollo de la raíz de la planta, aumentando la captación y uso de nutrientes, así como también la productividad del cultivo [10].

Las micorrizas arbusculares son otros bioinsumos utilizados para combatir patógenos del suelo. Las micorrizas son hongos del suelo que pueden llegar a establecer asociaciones mutualísticas, tales como la simbiosis, con las raíces de las plantas. Las raíces micorrizadas alcanzan mayor superficie de exploración, aumentando así la absorción de agua y de nutrientes de la planta. Otra de las funciones que cumplen estos hongos benéficos es la protección de las raíces contra el ataque de patógenos del suelo, creando una barrera mecánica a través del manto de hifas que forman y generando competencia por nutrientes y espacio [1] [4].

Dentro de los insumos biológicos también está el humus de lombriz, el cual brinda a las plantas mayor resistencia a hongos patógenos debido a la elevada población de bacterias y microorganismos antagonistas que lo habitan. Estos organismos evitan, suprimen y reprimen a los organismos patógenos [8].

En este contexto, el presente trabajo busca evaluar la eficiencia agronómica y económica de insumos biológicos (*Trichoderma*, micorrizas y humus de lombriz) para combatir la enfermedad del *Damping off* en almácigos de cebolla en el Valle Alto de Cochabamba. Además, mediante revisión bibliográfica y encuestas a expertos, se realiza un análisis ambiental a través de la identificación de impactos generados por la utilización de insumos biológicos y químicos en la fumigación de almácigos de cebolla.

2 Metodología

El estudio contempla la implementación y evaluación de insumos biológicos en la primera etapa del almácigo, en las comunidades el Pabellón B y La Villa, ubicados en Punata, primera sección municipal de la Provincia Punata, situada a 60 Km del sureste de la ciudad de Cochabamba.

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con tres repeticiones. La implementación y evaluación de los bioinsumos se realizó en el campo en condiciones del agricultor, es decir que no se modificaron las prácticas agrícolas del

agricultor. Se utilizó dos terrenos para el diseño del almácigo: el primero ubicado en el Pabellón B -comunidad 1- y el segundo, en La Villa -comunidad 2-, ambos dentro del Valle Alto. Cada almácigo fue dividido en siete sub-parcelas (Fig. 1) y recibió los siguientes tratamientos:

- **T 1:** Biofungicida TRICODAMP (*Trichoderma harzianum* sólido)
- **T 2:** Biofungicida TRICODAMP (*T. harzianum* sólido) + Humus de lombriz
- **T 3:** Micorrizas (*Glomus fasciculatum*)
- **T 4:** Micorrizas + Humus de lombriz
- **T 5:** Humus de lombriz
- **T 6:** Agricultor: Previcur® (comunidad 1) y urea (comunidad 2)
- **T 7:** Testigo (blanco)

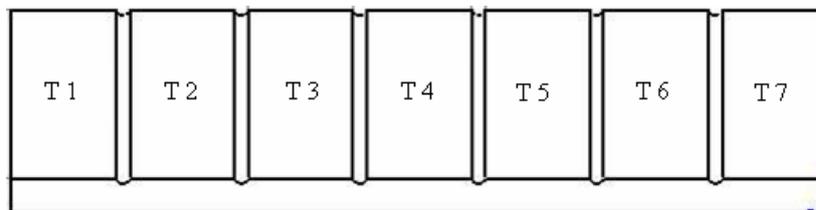


Figura 1: Diseño del almácigo con el orden respectivo de tratamiento.

En el primer almácigo sembrado, ubicado en la comunidad Pabellón B, cada tratamiento tuvo una longitud de 1,5 m de largo por 1,2 m de ancho. Asimismo, la separación entre tratamientos fue de 0,35 m. Por otra parte, en el segundo almácigo, ubicado en la comunidad La Villa, cada tratamiento tuvo una longitud de 1,2 m de largo por 1,5 m de ancho, con una separación entre tratamientos de 0,1 m.

La preparación del terreno se realizó como el agricultor lo hace comúnmente. Una vez preparada la tierra, se procedió a la aplicación de los bioinsumos (Tabla 1) y se mezclaron con el sustrato.

La semilla utilizada para la siembra fue una de ciclo corto, Granex 33 (viabilidad 91 %). Esta semilla, al ser híbrida, presenta mayor susceptibilidad de contraer enfermedades como las ocasionadas por *Fusarium*.

En la comunidad 1, la aplicación del químico se realizó por aspersión (mochila) inmediatamente después de la siembra. En el caso de la comunidad 2, la aplicación de urea se realizó a los 30 y 60 días después de la siembra.

Es importante mencionar que para ambos almácigos se empleó un sistema de riego separado para cada sub-parcela evitando así la mezcla de los tratamientos.

Tabla 1. Dosis aplicadas en el almácigo en el momento de la siembra

Nombre del producto	Dosis
	---g m ⁻² ---
<i>Trichoderma harzianum</i> (TRICODAMP, sólido)	40
Humus de lombriz	500
Micorrizas arbusculares (<i>Glomus fasciculatum</i>)	250
Previcur® (*)	8
Urea (**)	75

(*) Comunidad 1 (El Pabellón B)

(**) Comunidad 2 (La Villa): dos aplicaciones, a los 30 y 60 días después de la siembra

Las variables de respuesta fueron evaluadas durante toda la etapa del almácigo, desde la emergencia de las plántulas hasta el trasplante, cada 5 ó 10 días. Estas variables y la metodología de evaluación se detallan a continuación.

- **Porcentaje de emergencia:** se estimó cualitativamente a los 20 días después la siembra, realizando el cuarteo de cada sub-parcela o tratamiento. Todas las estimaciones fueron realizadas por una sola persona.
- **Altura de planta:** se midió en centímetros desde el cuello del bulbillo hasta la punta de la hoja más larga.
- **Longitud de raíz:** Una vez acabada la etapa del almácigo, se procedió a medir en centímetros el largo de raíces, desde la base del bulbillo hasta la terminación de las raíces.
- **Volumen de raíz:** Se midió antes de llevar las plántulas al trasplante en probetas graduadas de 10 y 20 ml.
- **Incidencia de la enfermedad:** La presencia del *Damping off* se evaluó por el número de plántulas perdidas. Para ello, se sembró un número conocido de semillas por surco y antes del trasplante se contó el número de plántulas sanas por surco (de cada tratamiento). Finalmente, se sacó el porcentaje de plántulas a transplantar en base a las semillas sembradas.

Posteriormente, con los datos obtenidos de las variables de respuesta evaluadas en campo, se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS®. El porcentaje de emergencia y número de plántulas sanas llevadas al trasplante sobre el total de semillas sembradas fueron procesadas con el modelo lineal generalizado bajo el supuesto de distribución binomial (prueba de Wald) mediante la ecuación [14]:

$$\eta_{il} = \text{logit} \left[\frac{\pi_{il}}{1 - \pi_{il}} \right] = \eta + \alpha_i + \tau_l \quad (1)$$

Donde:

η_{ij} : Valor generalizado de la relación plántulas germinadas o plántulas transplantadas sobre el total de semillas sembradas de la i -ésima almaciguera y del l -ésimo tratamiento; η : Constante común; α_i : Efecto fijo de la i -ésima almaciguera; τ_l : Efecto fijo del l -ésimo tratamiento

- Con los datos de altura de plántula se procedió a describir curvas de crecimiento a través de la siguiente ecuación:

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_j + \beta_2 X_j^2 + \xi_j \quad (2)$$

Donde:

Y_j = Altura de planta estimada, X_j = Día después de la siembra de la j -ésima evaluación, $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = Coeficientes de regresión y ξ_j = Valor residual

- La longitud y volumen de raíz, fueron procesados con el modelo lineal mixto [14], correspondiente al análisis de varianza de clasificación múltiple [15]:

$$Y_{ikl} = \mu + \alpha_i + \delta_{k(i)} + \tau_l + \alpha\tau_{il} + \xi_{ikl} \quad (3)$$

Donde:

Y_{ikl} : Valor de una variable de respuesta de la i -ésima almaciguera, k -ésima fila y del l -ésimo tratamiento; μ : Constante o media común; α_i : Efecto fijo de la i -ésima almaciguera; $\delta_{k(i)}$: Efecto aleatorio de la k -ésima fila dentro de la i -ésima almaciguera $\sim \text{DNII}(0, \sigma_{c(a)}^2)$; τ_l : Efecto fijo del l -ésimo tratamiento; $\alpha\tau_{il}$: Efecto fijo de la interacción de la i -ésima almaciguera y l -ésimo tratamiento; ξ_{ikl} : Efecto aleatorio del residuo $\sim \text{DNII}(0, \sigma_r^2)$

La comparación de tratamientos fue realizada con la sentencia de Lsmeans (promedios por mínimos cuadrados y la distribución t de Student) a $P = 0,05$.

Para el análisis ambiental se utilizó una variante de la matriz interactiva de Leopold. En este estudio, en la elaboración de la matriz, se consideró solo el proceso de fumigación del total de procesos que comprende la implementación de almácigos de cebolla. Cada producto utilizado en los diferentes tratamientos fue tomado como acción y los factores ambientales que podrían ser afectados por la aplicación de estos productos. La ponderación de los impactos se realizó a través de la asignación de los siguientes colores [5]: Verde oscuro: Impacto Positivo Alto, Verde claro: Impacto Positivo Moderado, Amarillo: Impacto Negativo Leve, Naranja: Impacto Negativo Moderado, Rosado: Impacto Negativo Severo, Rojo: Impacto Negativo Crítico.

Finalmente, se realizó un análisis económico para determinar los tratamientos que presentaron las mejores características económicas. Para esto, se optó por la metodología de costo incremental. Esta metodología consiste en comparar los cambios

de costos y beneficios netos asociados con la sustitución de una alternativa tecnológica por otra [12].

Para los costos de producción se tomó en cuenta las siguientes variables: Insumos y mano de obra (aplicación de insumos). En el cálculo de los beneficios se tomó en cuenta las siguientes variables: Número de plántulas sanas para el trasplante y precio unitario de las plántulas. El beneficio bruto (BB) fue calculado mediante la siguiente ecuación:

$$BB = \# \text{ plántulas} \times \text{precio} \quad (4)$$

Posteriormente, se calculó el beneficio neto de costos incrementales (BN_i) a través de la siguiente ecuación:

$$BN_i = \text{Beneficio bruto}_i - \text{Costos variables}_i \quad (5)$$

Por último, se procedió a graficar BN_i en función a los costos variables.

3 Resultados y discusión

Los resultados de las variables evaluadas en campo mostraron variaciones estadísticamente significativas y no significativas según los tratamientos empleados. En todas las figuras, que se muestran a continuación, los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes ($P = 0,05$) según la distribución Chi cuadrado.

Porcentaje de emergencia

En la comunidad 1 (Fig. 2), el mayor porcentaje de emergencia se obtuvo con el tratamiento *Trichoderma* + humus de lombriz (T2) y micorrizas + humus de lombriz (T4), teniendo ambos el mismo efecto. El producto químico utilizado, en este caso el Previcur® (T6), es el que presentó menor emergencia a los 20 días después de la siembra.

Los porcentajes de emergencia obtenidos fueron más bajos a los esperados (viabilidad de semilla 91%) y heterogéneos entre tratamientos. Tal porcentaje puede deberse a que en la comunidad 1 se tuvo severos problemas de malezas durante toda esa etapa.

Por el contrario, en la comunidad 2, la emergencia fue homogénea entre tratamientos y no se tuvo problemas de malezas.

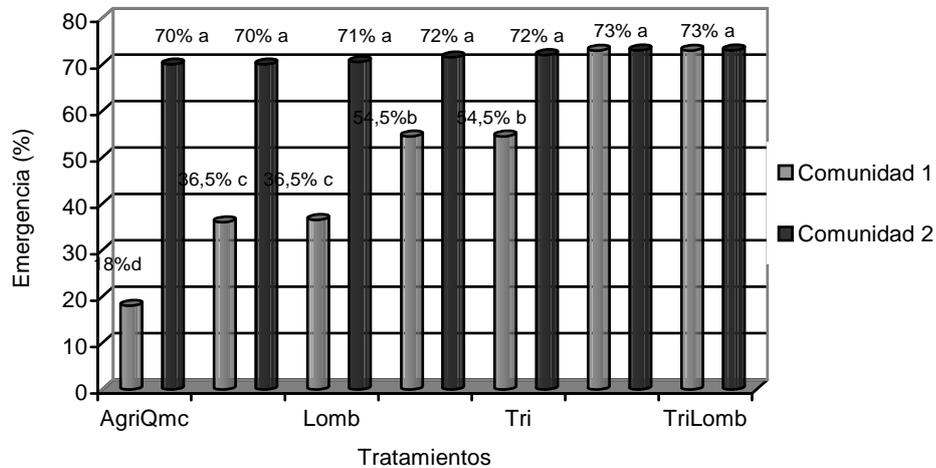


Figura 2: Efecto de siete tratamientos sobre el porcentaje de emergencia de semillas en las comunidades 1 y 2.

Altura de planta

En la comunidad 1 (Fig. 3), las diferencias empezaron a registrarse a la altura de planta de 17 cm. aproximadamente. El tratamiento que favoreció más a la altura de las plántulas fue *Trichoderma* solo (T1), seguido por *Trichoderma* + humus de lombriz. Esto puede deberse a los efectos secundarios que presenta *Trichoderma* en el suelo, ya que emite vitaminas que absorbe la raíz, haciendo que la planta crezca más rápido [6].

Si bien el tratamiento con el químico (Previcur®) (T6) muestra mayor altura que los demás tratamientos a partir de los 30 días hasta los 45 días de evaluación, posteriormente, la velocidad de crecimiento disminuyó y aumentó sólo 5 cm más hasta la última lectura. La menor altura se registró con el tratamiento testigo (blanco) (T7).

En la comunidad 2 (Fig. 4), el tratamiento del agricultor (T6) describe una curva diferente a las demás. Empezó con un crecimiento lento, a los 40 días aceleró el crecimiento y al final de la evaluación fue el que presentó mayor altura. Esto se debe a que el agricultor, en un principio, al ver sus plántulas más pequeñas comparadas con los demás tratamientos aplicó urea en dos oportunidades. Sin embargo, es importante recalcar que éste no es un tratamiento común de la zona. Las demás curvas mostraron un crecimiento similar y se obtuvo resultados parecidos al de la comunidad 1.

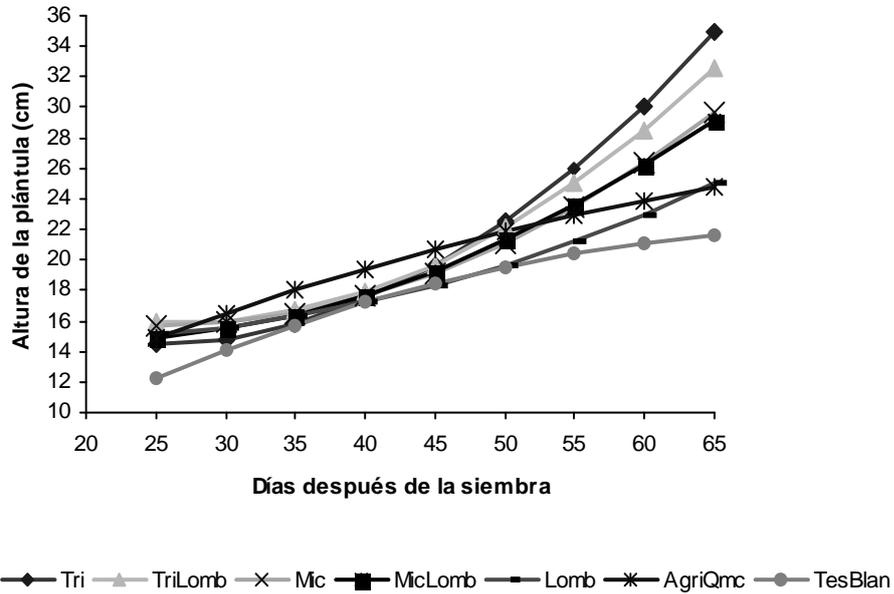


Figura 3: Curvas de crecimiento de plántulas de cebolla por efecto de siete tratamientos durante el almácigo en la Comunidad 1.

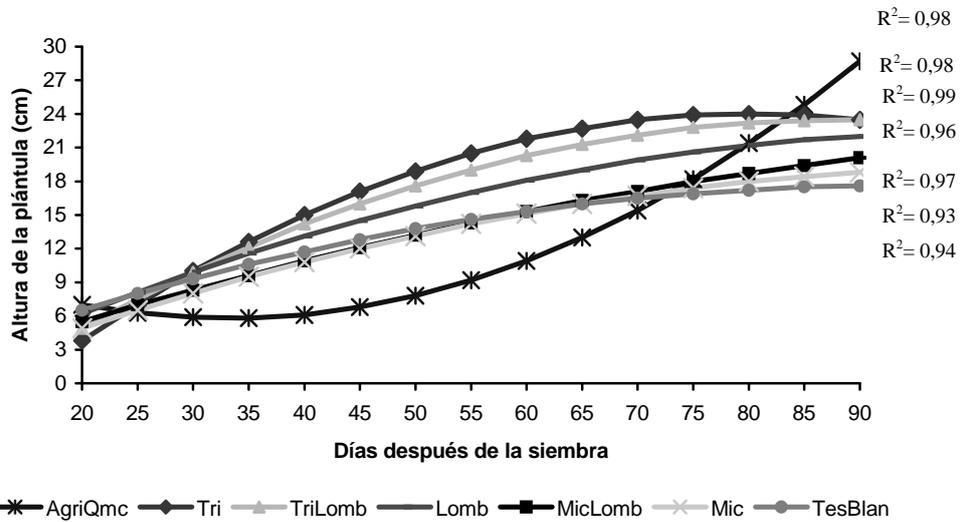


Figura 4: Curvas de crecimiento de plántulas de cebolla por efecto de siete tratamientos durante el almácigo en la Comunidad 2.

Longitud de raíz

En la comunidad 1 (Fig. 5), el tratamiento micorrizas (T3) resultó ser el que tuvo mayor longitud de raíz siendo similar el *Trichoderma* + humus de lombriz (T2). Estos resultados pueden deberse a que las raíces de las plantas micorrizadas alcanzan mayor superficie de exploración por el gran volumen de suelo que ocupan las hifas de estos

hongos [4]. Entre el testigo (T7), el agricultor (T6) y el humus de lombriz (T5) no existe diferencias significativas y son los que presentan menor longitud de raíz.

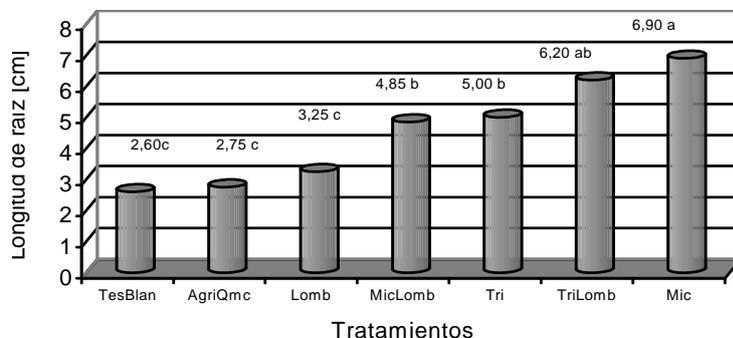


Figura 5: Efecto de los tratamientos sobre la longitud de raíz de cebolla en la comunidad 1.

A continuación, en la Figura 6, se puede apreciar las diferencias en longitud de las raíces de las plántulas (antes de ser transplantadas), en los diferentes tratamientos.

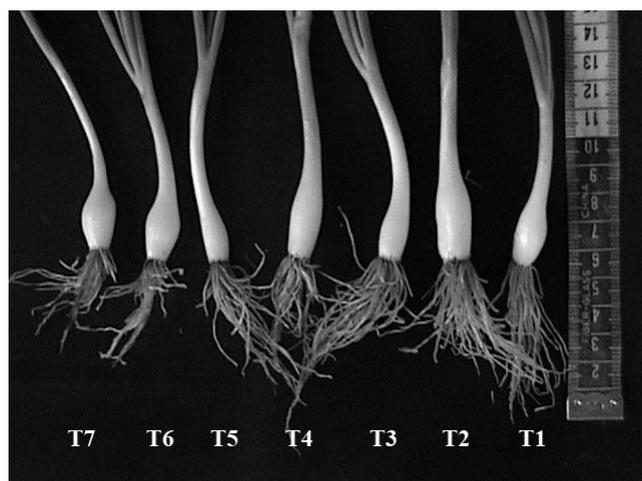


Figura 6: Diferencias en la longitud de raíz. T1: *Trichoderma*, T2: *Trichoderma* + H. lombriz, T3: Micorrizas, T4: Micorrizas + H. lombriz, T5: H. lombriz, T6: Agricultor (Previcur®), T7: Testigo (blanco).

En el caso de la comunidad 2, en todos los tratamientos, las raíces alcanzaron una longitud mayor. Esto se debe a que el tiempo de la almáciguera se extendió 30 días más (90 días en total), por motivos de trabajo del agricultor. Los resultados de los tratamientos micorrizas (T3) y *Trichoderma* + humus de lombriz (T2) fueron iguales al de la comunidad 1. El tratamiento micorrizas + humus de lombriz (T4) fue el que presentó una longitud menor a los demás tratamientos.

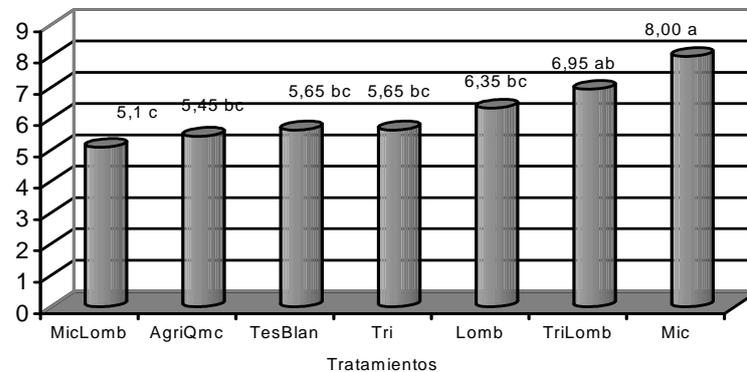


Figura 7: Efecto de los tratamientos sobre la longitud de raíz de cebolla en la comunidad 2.

Volumen de raíz

El producto químico utilizado, en este caso el Previcur® (T6), es el que presentó menor emergencia a los 20 días después de la siembra. En la comunidad 1 (Fig. 8), el tratamiento *Trichoderma* + humus de lombriz (T2) registró mayor volumen radicular. El efecto de la combinación de *Trichoderma* + humus de lombriz se debe probablemente a que dentro de los efectos secundarios que presenta *Trichoderma*, también está la bioestimulación del crecimiento radicular, pues promueve el desarrollo de raíces más fuertes y sanas por la secreción de fitohormonas. Ello da como resultado un incremento de la masa radicular. Por tanto, hay una mejor asimilación de nutrientes y toma de humedad por parte de la planta [11].

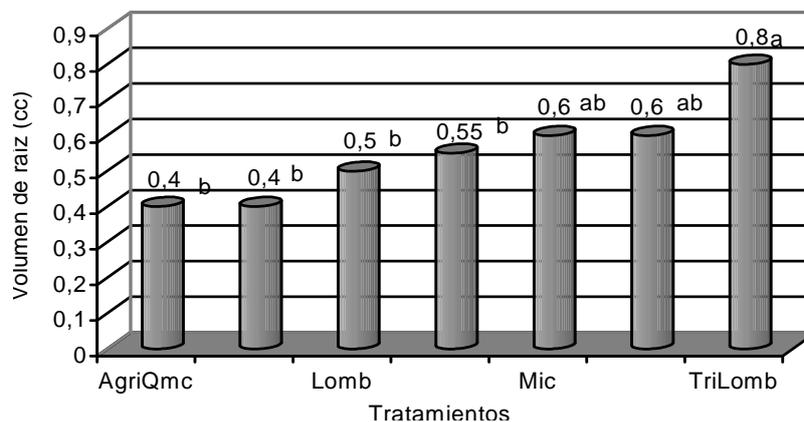


Figura 8: Efecto de los tratamientos sobre el volumen de raíz de cebolla en la comunidad 1.

En la Figura 9 se puede advertir que en la comunidad 2, se obtuvo resultados parecidos al de la comunidad 1; el tratamiento *Trichoderma* + humus de lombriz (T2) fue el que registró mayor volumen radicular. El tratamiento del agricultor (urea) presentó

menor volumen de raíz y difiere de los demás tratamientos. Cabe destacar que en ambas comunidades el volumen radicular registrado con los tratamientos químicos, tanto con el Previcur® como con la urea, fueron los más bajos incluso comparados con los testigos (blanco). Sin embargo, en los tratamientos con microorganismos se observó un mayor incremento de volumen radicular, favoreciendo a que las plántulas estén en mejores condiciones para su transplante a la parcela de producción.

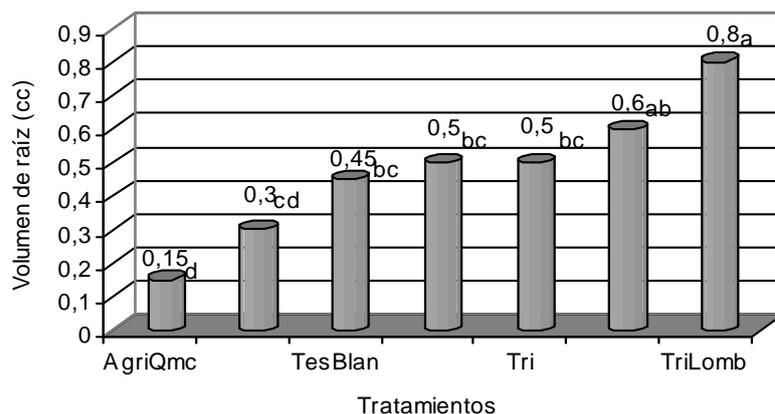


Figura 9: Efecto de los tratamientos sobre el volumen de raíz de cebolla en la comunidad 2.

Incidencia de la enfermedad

Los tratamientos *Trichoderma* (T1), *Trichoderma* + humus de lombriz (T2), micorrizas (T3) y micorrizas + humus de lombriz (T4) presentaron mayor cantidad de plántulas sanas para el transplante y no tuvieron diferencias significativas. El menor porcentaje de plántulas sanas se obtuvo con el tratamiento del agricultor (T6) con el químico Previcur®. Como se puede observar, estos porcentajes son bajos. Este descenso se debe probablemente a que el ataque del *Damping off* fue severo y se presentó en las primeras semanas de emergencia cuando las plántulas eran todavía muy pequeñas y débiles (Fig. 11). Además, en esta comunidad se tuvo problemas de malezas durante toda esa etapa. La presencia de malezas en el almácigo favorece al ataque del *Damping off* y crea un clima ideal para su desarrollo [9].

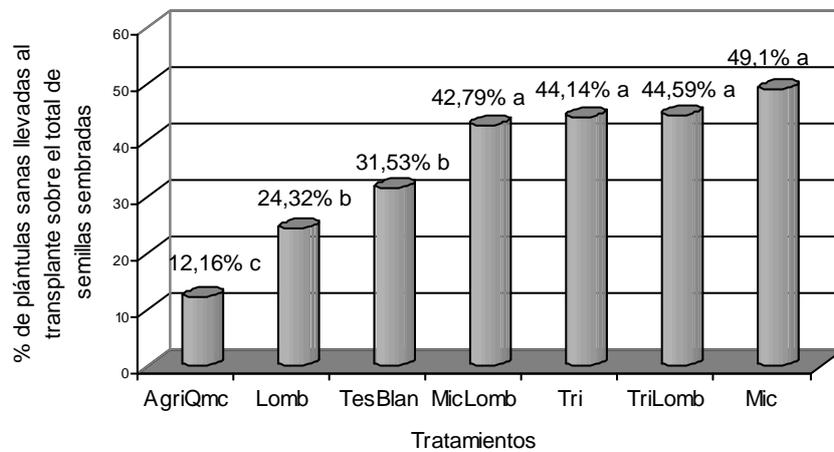


Figura 10: Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de plántulas de cebolla sanas transplantadas en la comunidad 1.



Figura 11: Ataque del *Damping off* en las primeras semanas de emergencia en plántulas de cebolla en la comunidad 1.

Por otra parte, en el caso de la comunidad 2 (Fig. 12), el tratamiento que presentó mayor porcentaje de plántulas sanas fue el de micorrizas + humus de lombriz (T4). Si bien el tratamiento químico (T6) mostró resultados semejantes a los tratamientos biológicos, semanas después del transplante, ya en campo, empezó a decaer y resultó ser el tratamiento menos favorable. En este caso, los porcentajes de plántulas son mayores a los de la comunidad 1. Esto puede deberse a que la enfermedad se presentó casi en la mitad de esta etapa cuando las plántulas ya estaban grandes y más resistentes a enfermedades. Además, se tuvo un manejo adecuado de malezas. También se observa, en general, que hubo menor ataque de la enfermedad en las plantas tratadas con microorganismos y significativamente ($P = 0,05$) diferentes a los demás tratamientos.

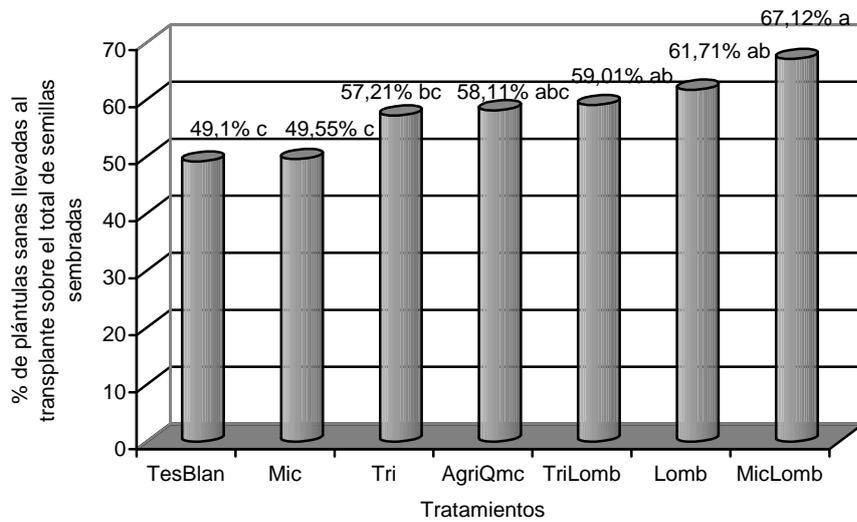


Figura 12: Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de plántulas de cebollas sanas transplantadas en la comunidad 2.

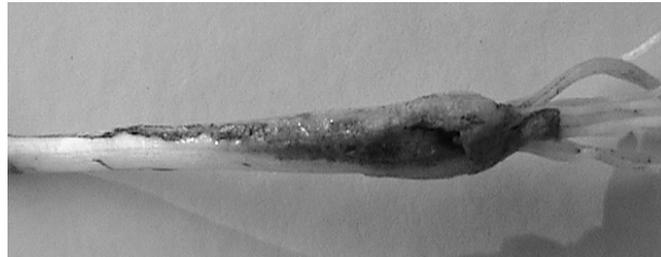


Figura 13: Pudrición del bulbo ocasionada por *Damping off* en la comunidad 2.

Análisis Ambiental

Como se puede observar en el cuadro 2, la mayor cantidad de impactos positivos sobre los factores ambientales se obtuvo con la utilización de bioinsumos. La utilización de estos productos brinda a la planta mayor desarrollo y crecimiento, y a la vez reduce la susceptibilidad de contraer enfermedades [6] [11].

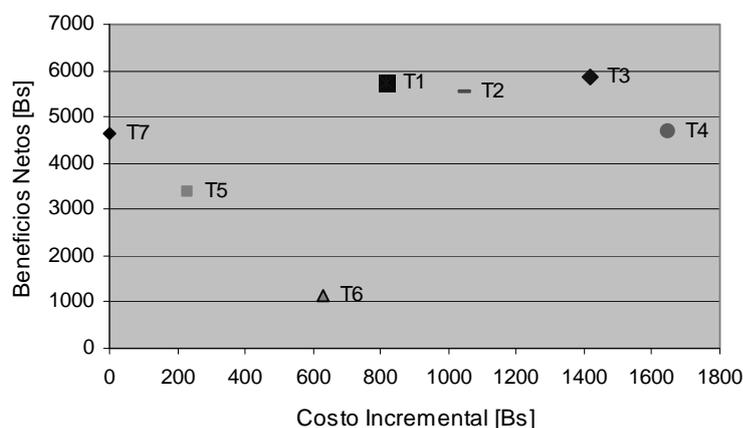
No se tiene evidencias científicas de la contaminación del agua, atmósfera o la intoxicación de animales o personas por la utilización de *Trichoderma*, micorrizas y/o humus de lombriz [11] [17] [18]. Estos bioinsumos son inocuos y no presentan toxicidad en la salud ni en el medio ambiente.

En cambio, la utilización de productos químicos como el Previcur y la urea tienen sus consecuencias negativas en los factores ambientales. Sin embargo, por ser productos

catalogados como de baja toxicidad sus impactos llegan a ser de leves a moderados [5] [2].

Análisis económico

El precio unitario por plantín en el mercado fue estimado según datos obtenidos de FTDA – Valles (2006). En la Figura 14, se observa que el tratamiento T3 obtuvo el BN_i más elevado (5.847 Bs). El tratamiento del agricultor (T6) presentó el menor BN_i debido al bajo número de plántulas que se obtuvo con este tratamiento. Estos resultados no se deben a la ineficiencia del producto Previcur®, sino a que el producto no fue utilizado correctamente en la dosis y momento de aplicación. Esto confirma la falta de capacitación de los agricultores de la zona en el uso y empleo de agroquímicos. Es así que el agricultor invierte vanamente capital para la producción y no obtiene los resultados esperados. Entonces, si el agricultor optara por el tratamiento T1, tendría que invertir 185 Bs más y obtendría alrededor de 118.889 plántulas más.



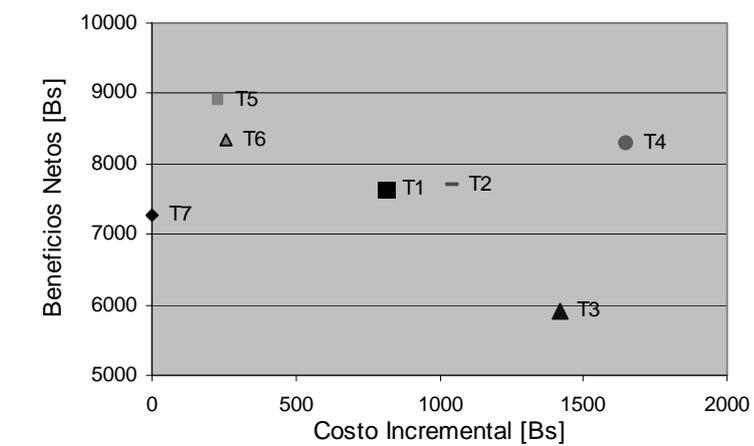
T1: *Trichoderma*, T2: *Trichoderma* + H. lombriz, T3: Micorrizas, T4: Micorrizas + H. lombriz, T5: H. lombriz,
T6: Agricultor (Previcur®), T7: Testigo (blanco)

Figura 14: Puntos de BN_i y costos incrementales para siete tratamientos diferentes. Comunidad 1.

En la comunidad 2 (Fig. 15), se observa que el mejor BN_i se obtuvo con el tratamiento T5 (8.903 Bs), seguido por el tratamiento T6 (urea) (8.340 Bs). En esta zona la aplicación de urea no es un tratamiento convencional de los agricultores. Ellos generalmente producen plántulas de cebollas sin la aplicación de insumos. Llama la atención que con el tratamiento T7 (testigo) se obtuvo buena cantidad de plántulas comparando con los demás tratamientos en los que se utilizó algún bioinsumo. Sin bien se alcanzó beneficios elevados con los tratamientos T6 y T7 en la almaciguera, una vez llevadas las plántulas a campo fueron las más débiles y susceptibles a enfermedades. Además, en la cosecha presentaron menor altura de planta y grosor de bulbo, bajando así la calidad del producto.

Tabla 2. Matriz de Leopold. Matriz de identificación de impactos ambientales para el proceso de fumigación de almacigos de cebolla en el Valle Alto de Cochabamba [5].

Ponderación de impactos		Proceso o actividad	<i>Damping off</i>	<i>Trichoderma</i>	Humus de lombriz	Micorrizas	Previcur®	Urea
2	Impacto Positivo Alto							
1	Impacto Positivo Moderado							
0	Impacto Negativo Leve							
-1	Impacto Negativo Moderado							
-2	Impacto Negativo Severo							
Factores Ambientales								
1. Características físicas y químicas								
A. Suelo	Acumulación de residuos tóxicos					0		
	Microbiología del suelo		2	2	2	-1	1	
B. Agua	Aguas superficiales					0	0	
	Aguas subterráneas					0	0	
C. Atmósfera	Calidad del aire					0	0	
2. Condiciones biológicas								
A. Flora	Desarrollo de la plántula		2	1	2	-2	2	
	Control de la enfermedad		2	1	2	0	2	
B. Fauna	Aves					0	0	
	Animales Terrestres					0	0	
	Insectos (Controladores biológicos)					-1	0	
3. Factor cultural								
A. Población Humana	Salud y seguridad					-1	-1	
4. Relaciones ecológicas								
	Cadenas alimenticias					2		



T1: *Trichoderma*, T2: *Trichoderma* + H. lombriz, T3: Micorrizas, T4: Micorrizas + H. lombriz,

T5: H. lombriz, T6: Agricultor (urea), T7: Testigo (blanco)

Figura 15: Puntos de BN_i y costos incrementales para siete tratamientos diferentes. Comunidad 2.

Si bien los tratamientos con los bioinsumos presentan costos elevados para las comunidades de estudio, es importante mencionar que la reacción de las plántulas en campo fue muy favorable, mantuvieron el vigor y la resistencia a los patógenos hasta la cosecha. No se tuvo necesidad de aplicar ningún otro insumo durante el cultivo. Es decir que los tratamientos orgánicos tuvieron un efecto prolongado desde la primera fase del cultivo (almaciguera) hasta la última (cosecha). Además, como se presenta en la Figura 16, en la cosecha fueron los que presentaron mejor calidad del producto y mayor rendimiento. En general, el tratamiento del agricultor tuvo un rendimiento de 24 t ha⁻¹ y en los tratamientos *Trichoderma* y *Trichoderma* + humus de lombriz los rendimientos se incrementaron a 36 t ha⁻¹ y 50 t ha⁻¹ respectivamente. Estos resultados se deben al número de plántulas que se obtuvo por tratamiento y a las diferencias de peso del bulbo entre tratamientos.

Por otra parte, el precio de mercado de productos producidos orgánicamente obtiene un valor agregado, que muchas veces duplica el precio convencional. Un claro ejemplo es la producción de cebollas orgánicas que realiza el Proyecto MAPA (Acceso a Mercados y Alivio a la Pobreza) en nuestro país. Una bolsa de cebolla dulce producida convencionalmente en Bolivia tiene un precio de 3 \$US en el mercado local. Si es exportada a los Estados Unidos tiene un precio de 18 \$US y si ésta es producida orgánicamente alcanza el precio de 40 \$US [13]. Estos resultados repercuten directamente sobre los productores y sus familias, no solo económicamente al incrementar significativamente sus ingresos, si no también en su salud al disminuir los riesgos de intoxicación y otras enfermedades ocasionadas por productos químicos.



Figura 16: Efecto sobre la calidad del bulbo por diferentes tipos de manejo en la almaciguera. T1: *Trichoderma*, T2: *Trichoderma* + H. lombriz, T6: Agricultor

4 Conclusiones

En el control de *Damping off*, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de micorrizas (T3), *Trichoderma* (T1) y *Trichoderma* + humus de lombriz (T2) en caso del Pabellón B -comunidad 1-. En La Villa -comunidad 2-, el mejor control de la enfermedad se obtuvo con la aplicación de micorrizas + humus de lombriz (T4) y humus de lombriz (T5). Ello demuestra que el uso de microorganismos benéficos disminuye el efecto negativo de las enfermedades radiculares, aumentando el número de plántulas sanas para el transplante.

En las variables agronómicas, se observó claramente que los tratamientos con insumos biológicos fueron los que proporcionaron a las plántulas más vigor y desarrollo radicular, induciendo una mayor resistencia al estrés del transplante.

Por lo tanto, el *Trichoderma*, las micorrizas y el humus de lombriz estimulan el crecimiento de plántulas de cebolla en el Valle Alto de Cochabamba y disminuyen el ataque de patógenos de suelo. De este modo, se logra plántulas sanas, vigorosas y uniformes en el transplante, y se garantiza una mejor cosecha.

El análisis de impacto ambiental, bajo las condiciones de estudio, demuestra que los tratamientos con bioinsumos no mostraron ningún tipo de impacto negativo. Al contrario, generaron mayores impactos positivos sobre los factores suelo y flora.

La utilización de agroquímicos tiene consecuencias negativas sobre factores ambientales y sobre la salud de la población. Éstas se incrementan más aún cuando no se toman en cuenta precauciones en su utilización, como es el caso de la zona de estudio.

En el Pabellón B -comunidad 1-, el análisis económico en relación al tratamiento con mayor beneficio neto de costos incrementales resultó ser el uso de micorrizas (T3) y en La Villa -comunidad 2-, el empleo de humus de lombriz (T5). Sin embargo, las

diferencias económicas que existen con el resto de los tratamientos es mínima. La mayor diferencia está en el comportamiento de las plántulas en el trasplante hasta la cosecha. Las plántulas que recibieron tratamientos orgánicos no requirieron de ningún otro insumo y presentaron bulbos de mejor calidad. Asimismo, la importancia económica está en el valor agregado que se da a los productos producidos con insumos biológicos en comparación con los tratamientos sintéticos o químicos.

Referencias

- [1] Aguilar, V. F. 1990. *Mezclas y desinfección de suelo y formas de siembra en semilleros de cebolla (Allium cepa L.)*. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinaria, Cochabamba-Bolivia.
- [2] Bayer CropScience. 2005. *Previcur – fungicida sistémico*. En <http://www.bayercropscience.com.ar>. (Verificado en 05/02/2006).
- [3] Benitez, T.; Rincon, A. M.; Limon, M. C. 2004. *Mecanismos de biocontrol de cepas de Trichoderma*. INT. MICROBIOL [online] vol. 7, N° 4. En <http://www.scielo.isci.ii.es>. (Verificado en 21/01/06).
- [4] Bolletta, A.; Venanzi, S.; Krüger, H. 2005. *Respuestas de un cultivo de avena en siembra directa a la fertilización química y biológica en un ambiente marginal*. En <http://www.inta.gov.ar>. (Verificado en 18/03/2005).
- [5] CEDARENA (Centro de derecho ambiental y recursos naturales), CINPE (Centro internacional de política económica para el desarrollo sostenible), Universidad de Miami, UDSMA (Unidad de desarrollo sostenible y medio ambiente de la OEA). 2005. *Evaluación del impacto ambiental y de capacidad institucional de la región Centroamericana frente a la liberalización comercial: Estudios de caso de Costa Rica y Guatemala*. En <http://www.oas.org>. (Verificado en 09/03/06).
- [6] Cervantes, M. A. 2005. *Microorganismos del suelo beneficiosos para los cultivos*. En <http://www.infoagro.com>. (Verificado en 10/04/2006).
- [7] Fernández-Larrea, V. O. 2001. *Avances en el fomento de productos fitosanitarios no sintéticos. Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario*. En <http://www.fiaagro.org.sv>. (Verificado en 20/02/2005).
- [8] Foguelman, D. (comp.). 2003. *Plagas y enfermedades en el manejo orgánico. Una mirada latinoamericana*. Editorial IFOAM, Buenos Aires.
- [9] FDTA-Valles (Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario Valles). 2002. *Manual de cebolla*. Editorial Enflex Ltda., Oruro.
- [10] Harman, G. E.; Howell C. R.; Viterbo A.; Chet I.; Lorito M. 2004. *Trichoderma species - opportunistic, avirulent plant symbionts*. En <http://www.nature.com>. (Verificado en 02/09/2005).

- [11] IAB (Investigaciones y Aplicaciones Biotecnológicas, S.L). 2005. *Ficha técnica producto formulado. Trichoderma harzianum LAB-32*. En <http://www.iabiotec.com>. (Verificado en 09/03/06).
- [12] IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria). 1995. *Revisión de métodos para el análisis económico en el cultivo de papa*. Documento de trabajo 9/95, Editorial Graham Thiele, Cochabamba.
- [13] MAPA (Acceso a Mercados y Alivio a la Pobreza). 2006. Seminario: *IV Congreso Nacional de la Asociación Boliviana de Protección Vegetal. Producción orgánica con fines de exportación, una alternativa para el altiplano*. Oruro, abril 2006.
- [14] Montgomery, D. 2003. *Diseño y análisis de experimentos*. Editorial Limusa Wiley. México DF.
- [15] Steel, R.; Torrie, J. 1988. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. Editorial McGraw-Hill, México.
- [16] Unterladstaetter K. R. 2000. *La horticultura en el subtrópico húmedo y subhúmedo de Bolivia*. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Facultad de Ciencias Agrícolas, Santa Cruz.

Entrevistas correo-electrónico

- [17] Durán, J. L. (duan@mercadu.co.cu). 2006. "Consulta bioinsumos". Noel Ortuño (nortuno@proinpa.org) (08/06/2006).
- [18] Rivera, R. A. (rrivera@inca.edu.cu). "Impacto ambiental bioinsumos". Kattia Rojas (kattiarojasr@hotmail.com) (01/06/06).