Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* en el rendimiento de lechuga orgánica en Zamorano

Joel Alejandro Méndez Martínez

Honduras
Diciembre, 2003.

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* en el rendimiento de lechuga orgánica en Zamorano

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Joel Alejandro Méndez Martínez

Honduras
Diciembre, 2003.

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Joel Alejandro Méndez Martínez

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2003.

DEDICATORIA

A mi señor Jesús**,** porque se que sin la ayuda y misericordia de él mis metas y objetivos trazados hasta el momento no hubieran sido posibles.

A mis padres Joel y Sandra, siempre han sido un ejemplo de superación y perseverancia.

A mi abuelito Juventino Martínez (Q.E.P.D.), sé que le hubiera gustado estar conmigo celebrando este triunfo.

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios todopoderoso, por la sabiduría e inteligencia que me dio a lo largo de estos cuatro años culminando mi carrera con éxito.

A mis papás por creer en mí , y encomendarme siempre en las manos de Dios para llegar hasta en donde este momento estoy, Dios los bendiga siempre.

A mis hermanos Samuel y Daniel por estar siempre pendientes de mí, sé que les va a servir de ejemplo para que al igual que yo salgan adelante.

A mis abuelitos, abuelitas, tíos, tías, primos y primas por las palabras de apoyo y los consejos en todo momento, me fueron de mucha utilidad.

A mis asesores Ing. Rogelio Trabanino, e Ing. Antonio Jaco por las enseñanzas, la paciencia y amistad que me brindaron durante la elaboración de mi trabajo y por tomarme en cuenta en varias actividades dentro del laboratorio de control biológico y de nematología en Zamorano.

Al Dr. Alfredo Rueda y Dr. Phil Arneson por el tiempo invertido y colaboración durante la ejecución de mi trabajo.

A Marcos Michel y Daniel Sosa por su apoyo constante, preocupación y aporte valioso hacia mi trabajo y por su amistad sincera en todo momento, se los agradezco infinitamente.

A mis amigos chapines Damián, Rubén, Erick, Manuel, Julio, Iván, Cesar R. Cesar M. Oscar, Luis, Rodrigo, Pedro, Marlen, Sonia, Selvin, Abel, Gabriel, Rolan, José T., Carlos A., Gerson, José C., Antonio R., Estefanía, Lesbia, Adela, Miguel J., Herber M. por su amistad sincera que hicieron de mi estancia en Zamorano un lugar muy confortable.

A mis amigos por siempre: Marco, Francisco K., Enrique L., Gustavo P, Juan Pablo L., Jairo M., Reynerio P., Victor R., Kevin P., Juan Pablo C., Roger O., Jose P., Mariela, Jenny, Elizabeth, Andrea O., Andrea O., Ruth, Rosa R., Alejandra C., Ana P., Sairy A., Gissel A., Judith, Thelma y aquellos amigos que escapan de mi memoria su amistad es muy valiosa para mí, no los olvidaré.

Al Ing. Jose María Miselem, Ing. Judith Ordoñez, Ing. Werner Melara y Dra. María de Doyle, por sus consejos oportunos en la realización de mi trabajo en todo momento y por su amistad sincera.

A todos mis amigos del laboratorio de control biológico en especial a Maximino R. Osman, Juan Carlos, Omar, Jorge, Nancy, Olga, Rosa P., Rosa O. y Doña María los aprecio mucho, gracias por la confianza y amistad brindada durante mi cuarto año en Zamorano.

A los trabajadores de campo de la ZECI: Chabelo, Rubén, José de la C., Ricardo G., Julio B., Rubén P., Enrique L. por la colaboración durante la ejecución de la etapa de campo de mi trabajo, su ayuda fue indispensable.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A los señores del Fondo Dotal de Guatemala del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), por la beca de estudios que me otorgaron, infinitas gracias.

Al Dr. Antonio Flores por el apoyo financiero durante estos cuatro años de estudio.

A mis papas por hacer el esfuerzo de seguir apoyándome económicamente para que continuara mis estudios, sus esfuerzos no fueron en vano.

Al Ing. Rogelio Trabanino por su apoyo económico durante mi cuarto año de estudios.

RESUMEN

Méndez Martínez, J. A. 2003. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* en el rendimiento de lechuga orgánica. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano. Honduras. 19 p.

El uso de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en varios tipos de hortalizas incrementa la absorción de nutrientes a través del mejoramiento y desarrollo radicular, promueve la disponibilidad de nutrientes necesarios para la planta y protege el sistema radicular del ataque de hongos patógenos y plagas. El objetivo fue evaluar la aplicación de estos hongos a la siembra y al transplante en lechuga orgánica, para determinar el manejo con mayor rendimiento, mejor calidad de lechuga y el más rentable a menor costo. Los tratamientos fueron: *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante y viceversa, *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* transplante, *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* transplante, *Trichoderma* + *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* + *Paecilomyces* transplante y el testigo al cual no se aplicó nada. En la fase de siembra, estos se incorporaron manualmente al medio en bandejas de germinación. A los 19 días después de siembra se transplantó. Se cosechó a los 37 y 41 días después del transplante. Los mejores tratamientos fueron las combinaciones de *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante, *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante y *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* transplante pues tuvieron más lechugas cosechadas, lechugas comerciales, mayor peso de lechugas cosechadas y comerciales, respectivamente. No se obtuvo diferencia significativa en el largo de la raíz, pero hubo mayor rendimiento de peso de lechuga comercial en los tratamientos con mayor número de nódulos por planta, estos fueron *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante y *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante. El tratamiento más rentable fue la aplicación de *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante con una tasa de retorno marginal de 42 y una relación beneficio costo de 0.20.

Palabras clave: Antagonismo, control biológico, micoparasitismo, nematicida.

Abelino Pitty, Ph. D.

CONTENIDO

Portadilla…….. i
Autoría……. ii
Página de firmas…….. iii
Dedicatoria……... iv
Agradecimientos…….. v
Agradecimientos a patrocinadores……... vii
Resumen……... viii
Contenido……. ix
Índice de cuadros……. x
Índice de figuras……... xi
Índice de anexos……... xii

INTRODUCCIÓN……...…… 1

MATERIALES Y MÉTODOS……...……. 3
Cosecha…… 3
Muestreo…….. 3
Tratamientos…… 4
Variables medidas…… 4
Diseño experimental…… 5
Análisis estadístico……... 5
Análisis económico…….. 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN…….. 6
Variables agronómicas……. 6
Variables económicas……..... 9

CONCLUSIONES…… 14

RECOMENDACIONES……..... 15

BIBLIOGRAFÍA……... 16

ANEXOS……...…… 17

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Dosis de los tratamientos aplicados en la siembra y al transplante en el cultivo de lechuga en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003……..……...	4
2.	Efecto de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en el número y porcentaje de cabezas cosechadas y en el número de cabezas comerciales por hectárea en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003……...	7
3.	Efecto de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en el rendimiento de lechuga en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003….....	8
4.	Efecto de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en la presencia de nódulos en las raíces de lechuga en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003……..	9
5.	Presupuesto parcial de los tratamientos de *T. harzianum y P. lilacinus* en el cultivo de lechuga en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003…….……...	10
6.	Análisis de dominancia para los tratamientos de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en lechuga en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003…….…….	11
7.	Tasa de Retorno Marginal (TRM) para los tratamientos dominantes…….…..	12
8.	Análisis del beneficio/costo de los tratamientos aplicados en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003. (US$/ha)……...…..	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		**Página**
1.	Gráfica del beneficio neto para los tratamientos dominantes…….....	12

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Costos comunes para todos los tratamientos en US$.....	17
2.	Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante en US$.....	18
3.	Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante en US$.....	18
4.	Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* transplante en US$.....	18
5.	Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* transplante en US$.....	18
6.	Costos que varían para el tratamiento con aplicación de T*richoderma* + *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* + *Paecilomyces* transplante en US$.....	19

INTRODUCCIÓN

Actualmente se ha buscado la manera de utilizar hongos benéficos del suelo que ayuden a aumentar el rendimiento de los cultivos y proteger el sistema radicular del ataque de enfermedades provocadas por hongos patógenos y nemátodos, creando una bioprotección natural.

Según Sanninet (2002), uno de los organismos más estudiados en el área de control biológico es *Trichoderma harzianum*, el cual es un hongo micoparasítico que posee características particulares que actúan contra patógenos del suelo. Sanninet (2002) define micoparasitismo como un mecanismo utilizado por *T. harzianum* para atacar hongos patógenos. Adicional a esto *T. harzianum* ayuda al mejor desarrollo radicular, solubilidad y absorción de nutrientes inorgánicos, activando el sistema natural de defensa de la planta así como la competencia por nutrientes y espacio con hongos patógenos del suelo (Sanninet, 2002).

En el 2003, Coloma realizó una evaluación en lechuga aplicando *T. harzianum*; en este estudio obtuvo un incremento de 44% en el número de frutos comerciales y 20% del total de frutos por hectárea en comparación al testigo (sin aplicación). Así mismo Coloma (2003) afirma que los pesos de las cabezas comerciales individuales y totales incrementaron en 31 y 21% respectivamente. Adicional a esto Coloma (2003) asegura que el uso de *T. harzianum* en el semillero incide en mayor altura y peso fresco de la plántula. Obteniendo resultados similares en los cultivos de pepino y tomate.

Bravo (2003), realizó aplicaciones de *T. harzianum* en siembra y transplante en melón en presencia de nemátodos y obtuvo una reducción de nódulos en las raíces de 64%, aumentó los grados brix en 0.7 y el número de frutos por planta en 4.7%.

Por otra parte, el estudio del control biológico de los nematodos parásitos de plantas, se incorporó recientemente como una alternativa potencial a ser usada dentro del control integrado, para mantener las poblaciones de los nematodos por debajo de los umbrales económicos y evitar el uso indiscriminado de nematicidas (Cordero y Acevedo, 2000).

Según Fernández *et al*. (2002), el hongo nematicida *Paecilomyces lilacinus* estimula el desarrollo radicular, adaptándose a diferentes sustratos y es efectivo contra huevos y larvas juveniles de nematodos especialmente del género *Meloidogyne*. Según Jiménez (2003), el hongo es capaz de penetrar el huevo, creciendo dentro del mismo y destruyendo el embrión.

Dadas las características de estos dos hongos y su libre utilización en cultivos orgánicos surgieron los objetivos de este estudio los cuales fueron el general: evaluar el efecto de las aplicaciones en diferentes épocas de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en el cultivo de lechuga orgánica. Los objetivos específicos fueron, determinar los efectos de la aplicación en diferentes épocas de *T. harzianum* y *P. lilacinus* que tenga el mejor rendimiento y calidad de lechuga orgánica en campo, así como determinar la aplicación económicamente rentable en la producción de lechuga orgánica en Zamorano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de julio a septiembre de 2003 en los lotes de producción orgánica de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos (ZECI), en Zamorano, localizado en el Valle del Río Yeguare, Departamento de Francisco Morazán a 30 kilómetros al este de Tegucigalpa, 14° latitud norte, 87° longitud oeste, a 800 msnm, precipitación de 1200 mm promedio anual y una temperatura promedio anual de 23°C.

En el semillero se utilizaron bandejas plásticas de 96 celdas cada una, las cuales fueron llenadas con el medio Sunshine Mix (Peat Moss). En cada celda se colocaron dos semillas de la variedad Ithaca y luego se trasladaron las bandejas al cuarto oscuro por dos días para uniformizar la germinación; posteriormente se llevaron al invernadero. Las semillas germinaron a los tres días después de la siembra y las plántulas fueron llevadas al campo a los 19 días de germinadas.

El transplante se realizó manualmente y las plántulas se colocaron a un distanciamiento de 0.3 m entre planta y 0.20 m entre surco en tresbolillo con cuatro filas de lechuga por cama, a una densidad de 74,074 plantas por hectárea, incorporando 20,000 kg/ha de gallinaza y 1,388 kg/ha de cal hidratada.

Se hicieron dos fertilizaciones en bandas, la primera con bokashi (3,535 kg/ha) y la segunda con gallinaza (5,050kg/ha), a los 15 y 22 días después del trasplante y se hizo deshierba manual cada 15 días después de la fecha de trasplante. Se efectuaron dos aplicaciones de Oxicloruro de cobre para control de *Cercospora spp*. (0.7 kg/ha), una de chile (1.8 L/ha), jabón (1.8 L/ha) y Tracer (Spinosad, 0.4 L/ha) respectivamente para el control de crisomélidos (*Diabrótica balteata*) y una aplicación de Xentary (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki, 0.5 kg/ha) para el control de gusano peludo (*Estigmene acrea*). Se utilizó riego por goteo.

COSECHA:
Se hizo manualmente en dos fechas, a los 37 y 41 días después del transplante.

MUESTREO:
Se muestreó la cantidad de plantas que habían por unidad experimental. Dichas plantas se muestrearon de la cama central en un área 17.28 m^2, dejando un efecto de borde de 3.6 metros entre tratamientos.

TRATAMIENTOS:
Los tratamientos en la siembra se incorporaron manualmente al medio y al transplante se diluyó la dosis de producto comercial por hectárea para cada tratamiento en 108 litros de agua aplicando con regadera. El hongo *Trichoderma harzianum* se aplicó a una concentración de 3 X 10^9 conidias por gramo de producto comercial a una dosis de 240 g de producto comercial por hectárea y *Paecilomyces lilacinus* se aplicó a una concentración 8 X 10^8 conidias por gramo de producto comercial a una dosis de 240 g de producto comercial por hectárea (Cuadro 1).

Cuadro 1. Dosis de los tratamientos aplicados en la siembra y al transplante en el cultivo de lechuga en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003

		Gramos PC/ha	
		T. harzianum	*P. lilacinus*
Conidias por gramo de PC		3 X 10^9	8 X 10^8
Tratamiento	Aplicación		
T1	Siembra	240	---
	Transplante	---	240
T2	Siembra	---	240
	Transplante	240	---
T3	Siembra	240	---
	Transplante	240	---
T4	Siembra	---	240
	Transplante	---	240
T5	Siembra	240	240
	Transplante	240	240
T6 (Testigo)	Siembra	---	---
	Transplante	---	---

PC = Producto comercial

VARIABLES MEDIDAS:

Número de lechugas cosechadas: Se contó el número de cabezas de lechugas comerciales y no comerciales en la cosecha por unidad experimental. Las cabezas de lechuga comerciales eran aquellas que tenían un tamaño mediano a grande con una consistencia firme, libres de daño físico.

Peso en fresco (kg/ha): se pesaron las cabezas de lechugas comerciales y no comerciales por unidad experimental.

Número de nódulos y largo de raíz: Se extrajeron las raíces del área de muestreo (17.28 m^2) y se contaron los nódulos y largo de raíz por planta.

DISEÑO EXPERIMENTAL:

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con cuatro repeticiones y seis tratamientos con un total de 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental constituyó de 200 plantas en tres camas con un área total de 27 m^2 por unidad experimental. Las camas medían 1.8 m de centro a centro por 5 m de largo. El área total fue de 1390 m^2 incluyendo bordes.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Se utilizó el programa estadístico "Statistical Analysis System" (SAS, 1999). Se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA) usando un Modelo Lineal General (GLM) y una separación de medias "Student-Newman-Keuls" (SNK) para las variables peso en fresco, número de lechugas cosechadas, número de nódulos y largo de raíz. El nivel de significancia exigido fue de 0.1.

ANÁLISIS ECONÓMICO:

Se utilizó la metodología de análisis de costos del CIMMYT (1988), el cual se basó en los costos variables para cada tratamiento obteniendo un presupuesto parcial, análisis de dominancia, tasa de retorno marginal y la relación beneficio/costo de cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIABLES AGRONÓMICAS:

Al comparar la cantidad de cabezas cosechadas por hectárea, se aprecia que los tratamientos con *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante (T1), *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* transplante (T4) y *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante (T2) obtuvieron mayor cantidad de cabezas cosechadas por hectárea que los tratamientos *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* transplante (T3), *Trichoderma*+*Paecilomyces* siembra/*Trichoderma*+*Paecilomyces* transplante (T5) y el testigo (T6), ($P \leq 0.1$). Este aumento en la cantidad de cabezas por hectárea se pudo deber a que la combinación de *Paecilomyces* al transplante potencializa el desarrollo de la planta bajo condiciones de presencia de nematodos. Existe un efecto antagónico en el tratamiento de *Trichoderma*+*Paecilomyces* siembra/*Trichoderma*+*Paecilomyces* transplante (T5) debido a que fue el tratamiento con menos cabezas cosechadas por hectárea. Según la Universidad de Zulia (203) el efecto antagónico se debe a la capacidad de *Trichoderma harzianum* de producir enzimas quitinolíticas (endoquitinasa y quitobiosdasa) la cuales actúan sobre las paredes compuestas de quitina de los hongos que parasita. Se puede apreciar mejor el aumento porcentual en la cosecha ($P \leq 0.1$), habiendo una diferencia de 56% en cabezas cosechadas entre el T1 y T6 (Cuadro 2).

Al contabilizar las cabezas de lechuga comerciales por hectárea del total cosechado hubo un incremento significativo ($P \leq 0.1$) en los tratamientos con aplicaciones de *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante (T1), *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante (T2) y *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* transplante (T4), en comparación con el testigo. El tratamiento con aplicación de *Trichoderma*+*Paecilomyces* siembra/*Trichoderma*+*Paecilomyces* transplante (T5) obtuvo los mismos rendimientos con respecto al tratamiento de *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* transplante (T3) pero mayores rendimientos con respecto al testigo (T6). Se puede aducir el efecto antagonista de *Trichoderma* sobre *Paecilomyces* porque ambos tratamientos actuaron de igual manera, por lo que técnicamente no es aconsejable aplicar ambos hongos al mismo momento (siembra/transplante), (Cuadro2). Coloma (2003), realizó evaluaciones técnicas de producción convencional de lechuga aplicando *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* transplante obteniendo mayores rendimientos ($P \leq 0.1$), en comparación con el testigo.

Cuadro 2. Efecto de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en el número y porcentaje de cabezas cosechadas y en el número de cabezas comerciales por hectárea en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003.

Tratamiento	Siembra/Transplante	(Cabezas/ha)		
		Cosechado (Unidades)	Cosechado (%)	Comecial (Unidades)
T1	*Trichoderma/Paecilomyces*	51,071 a *	77 a *	31,684 a *
T4	*Paecilomyces/Paecilomyces*	47,454 a	72 a	27,633 a
T2	*Paecilomyces/Trichoderma*	44,416 a	64 a	28,356 a
T3	*Trichoderma/Trichoderma*	22,135 bc	30 b	12,153 bc
T5	*Trichoderma+Paecilomyces/ Trichoderma +Paecilomyces*	28,646 b	40 b	17,072 b
T6	Testigo	15,191 c	21 b	8,536 c
Coeficiente de Variación (%)		23	27	23
R^2		0.82	0.80	0.84
Media		34,819	51	20,906
Desviación estandar		8,129	14	4,794
Probabilidad F		0.0002	0.0005	< 0.0001

* Medias en las columnas con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de significancia de P≤ 0.1 según la prueba de SNK.

En referencia al peso de lechuga comercial por hectárea (Cuadro 3), se observa la misma tendencia anteriormente descrita en el Cuadro 2, en los cuales las aplicaciones de *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante (T1), *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante (T2) y *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* transplante (T4) obtuvieron rendimientos con mayor peso comercial en kilogramos por hectárea que los tratamientos *Trichoderma+Paecilomyces* siembra/*Trichoderma+Paecilomyces* transplante (T5), Trichoderma siembra/Trichoderma transplante (T3) y el testigo (T6) con una alta significancia (P≤0.1). Dicha diferencia se pudo apreciar en el peso total cosechado por hectárea (P≤0.1). Según la Universidad de Zulia (2003) *Trichoderma harzianum* incrementa la absorción de nutrientes a través del mejoramiento del desarrollo radicular y promoviendo la disponibilidad de los nutrientes necesarios para la planta. Agregado a esto Fernández (2002) expresa que las aplicaciones de *Paecilomyces lilacinus* en varios tipos de hortalizas sirve como estimulador del desarrollo de las plantas, adaptándose bien a diferentes sustratos; manteniendo la humedad, puede sobrevivir durante períodos largos de tiempo.

Cuadro 3. Efecto de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en el rendimiento de lechuga en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003.

Tratamiento	Siembra/Transplante	(kg/ha)	
		Peso comercial	Peso total cosechado
T1	*Trichoderma/Paecilomyces*	9,503 a *	13,369 a *
T4	*Paecilomyces/Paecilomyces*	8,983 a	12,574 a
T2	*Paecilomyces/Trichoderma*	8,937 a	11,765 a
T5	*Trichoderma+Paecilomyces/ Trichoderma +Paecilomyces*	5,537 b	7,826 b
T3	*Trichoderma/Trichoderma*	4,781 b	6,826 b
T6	Testigo	2,690 c	4,130 c
Coeficiente de Variación (%)		23	20
R^2		0.81	0.84
Media		6,738	9,415
Desviación estandard		1,566	1,850
Probabilidad F		0.0003	<0.0001

* Medias en las columnas con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de significancia de P≤ 0.1 según la prueba de SNK.

En cuanto a los nódulos en las raíces, se puede observar un mayor número de nódulos por planta con una diferencia significativa (P≤0.1) en los tratamientos de *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante (T2) y *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante (T1) en comparación con el testigo (T6). Al hacer una evaluación de los rendimientos obtenidos en estos tratamientos (Cuadro 3) se puede apreciar que aunque hubo mayor número de nódulos por planta, se obtuvieron mayores rendimientos por hectárea. Según Jiménez (2003) el hongo *P. lilacinus* produce sustancias que actúan sobre los huevos y larvas de nemátodos especialmente del género *Meloidogyne* causando deformaciones, vacuolizaciones y pérdidas de movimiento de larvas. Además, es capaz de penetrar el huevo, creciendo dentro del mismo destruyendo el embrión. Se observa que hubo menos nódulos por planta en el tratamiento de *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* transplante (T6) pero esa poca cantidad de nódulos fue necesaria para que no hubiera incrementos en rendimiento como en el T1, T2 y T3. Este dato no concuerda con un ensayo realizado por Bravo (2003) en el cuál evaluó *Trichoderma* en siembra y *Trichoderma* al transplante en melón encontrando menor número de nódulos pero mayor rendimiento en comparación con el testigo (P≤0.1). En cuanto a la longitud de raíces no hay una diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en la presencia de nódulos en las raíces de lechuga en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003.

Tratamiento	Siembra/Transplante	Número de nodulos/planta	Longitud raiz/planta (cm)
T2	*Paecilomyces/Trichoderma*	28 a *	11.9 a *
T1	*Trichoderma/Paecilomyces*	21 ab	11.6 a
T4	*Paecilomyces/Paecilomyces*	13 b	11.8 a
T5	*Trichoderma+Paecilomyces/ Trichoderma +Paecilomyces*	11 b	11.6 a
T6	Testigo	11 b	10.6 a
T3	*Trichoderma/Trichoderma*	9 b	11.1 a
Coeficiente de Variación (%)		44	9
R^2		0.67	0.51
Media		16	11
Desviación estandar		7	1
Probabilidad F		0.01	0.13

***** Medias en las columnas con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de significancia de P≤ 0.1 según la prueba de SNK.

VARIABLES ECONÓMICAS:

Presupuesto parcial:

Los únicos costos que varían entre tratamientos fueron los costos del producto aplicado y la mano de obra invertida en la aplicación, utilizando un precio de venta de US$ 0.40 por kilogramo de lechuga orgánica en el puesto de ventas de El Zamorano. El menor costo se obtuvo en el testigo (T6) al cual no se aplicó nada pero tuvo el menor rendimiento y beneficio neto. Los tratamientos *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante (T1), *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante (T2), *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* transplante (T3) y *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* transplante (T4) tuvieron los mismos costos comunes pero el T1 obtuvo el mayor beneficio neto entre ellos. Mientras que el tratamiento con *Trichoderma+Paecilomyces* siembra/*Trichoderma+Paecilomyces* transplante (T5) tuvo los mayores costos variables pero un beneficio neto inferior al T1 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Presupuesto parcial de los tratamientos de *T. harzianum y P. lilacinus* en el cultivo de lechuga en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003.

Tratamiento	Siembra/Transplante	(kg/ha)		(US$/ha)						
		Rendimiento medio	Rendimiento medio ajustado	Precio de venta (US$/kg)	Beneficio bruto de campo	Costo de Trichoderma	Costo de Paecilomyces	Mano de obra	Total costos que varian	Beneficio neto
T6	Testigo	2,690	2,421	0.4	986	0	0	0	0	986
T1	*Trichoderma/Paecilomyces*	9,503	8,552	0.4	3,484	23	23	12	58	3,426
T2	*Paecilomyces/Trichoderma*	8,937	8,043	0.4	3,277	23	23	12	58	3,219
T3	*Trichoderma/Trichoderma*	4,781	4,303	0.4	1,753	23	23	12	58	1,695
T4	*Paecilomyces/Paecilomyces*	8,983	8,085	0.4	3,294	23	23	12	58	3,236
T5	*Trichoderma+Paecilomyces/ Trichoderma+Paecilomyces*	5,537	4,983	0.4	2,030	46	46	12	104	1,926

Tasa de cambio: L 18.00 por 1 US$

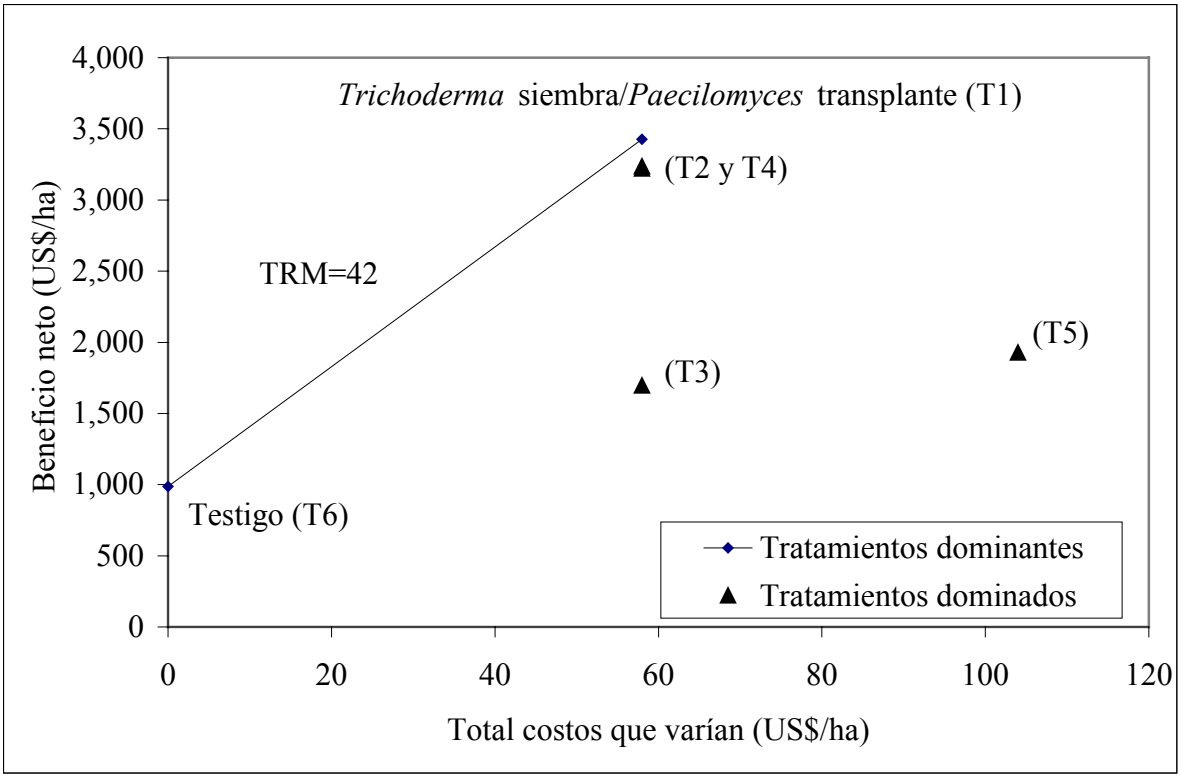
Análisis de dominancia:
El análisis de dominancia se realizó colocando en primer lugar el tratamiento con menores costos que varían entre tratamientos y mayor beneficio neto. En el caso de los tratamientos con iguales costos que varían, se ordenó de mayor a menor beneficio neto y se tomó como tratamientos dominantes el T6 (Testigo) y el T1 (*Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante). EL T5 no se consideró como tratamiento dominante porque a pesar de que tuvo un beneficio neto mayor al T3 (*Trichoderma+Paecilomyces* siembra/*Trichoderma+Paecilomyces* transplante) tuvo los mayores costos que varían perdiendo la condición de tratamiento dominante. La experimentación resulta en la recomendación de una práctica que reduce los costos de producción al mismo tiempo que mantiene los rendimientos (CIMMYT, 1988), (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de dominancia para los tratamientos de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en lechuga en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003.

Tratamiento	Siembra/Transplante	(US$/ha)		Dominancia
		Total costos que varian	Beneficio neto	
T6	Testigo	0	986	Dominante
T1	*Trichoderma / Paecilomyces*	58	3,426	Dominante
T4	*Paecilomyces/Paecilomyces*	58	3,236	Dominado
T2	*Paecilomyces / Trichoderma*	58	3,219	Dominado
T3	*Trichoderma / Trichoderma*	58	1,695	Dominado
T5	*Trichoderma+Paecilomyces/ Trichoderma+Paecilomyces*	104	1,926	Dominado

Tasa de cambio: L 18.00 por 1 US$

En la figura 1 se puede apreciar el mejor tratamiento el cual es *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante (T1), presentando el mayor beneficio neto de todos los tratamientos.



T2= *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante, T3= *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* transplante, T4= *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* transplante, T5= *Trichoderma*+*Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* +*Paecilomyces* transplante.

Figura 1. Gráfica del beneficio neto para los tratamientos dominantes.

Tasa de Retorno Marginal (TRM):

Se utilizaron los tratamientos dominantes siendo la mayor tasa de retorno marginal 42 en el tratamiento con *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante (T1). Según el CIMMYT (1988), esta tasa indica que por cada US$ 1 invertido en dicha aplicación se puede esperar recobrar el US$ 1 y obtener US$ 42 adicionales, en comparación con el testigo (T6), al cual no se le aplicó nada (Cuadro 7).

Cuadro 7. Tasa de Retorno Marginal (TRM) para los tratamientos dominantes.

Tratamiento	(US$/ha)				Tasa de retorno marginal
	Total costos que varían	Costos marginales	Beneficio neto	Beneficios netos marginales	
T6	0		986		
		58		2,449	42
T1	58		3,426		

T6=Testigo, T6=*Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante.

Tasa de cambio: L 18.00 por 1 US$

Relación beneficio/costo:
Para este análisis se tomaron en cuenta los costos comunes y variables para todos los tratamientos. Con base a la utilidad (Ingreso bruto – Costos totales) se calculó la relación beneficio neto (Utilidad/Costos totales) obteniéndose la mayor relación (0.20) en el tratamiento con *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante (T1), es decir que por cada dólar que invierto el 20% de mis costos se convierte en utilidad, por lo que es el mas rentable comparado con los demás tratamientos que tenían aplicaciones de *T. harzianum* y *P. lilacinus* (T2, T3, T4, T5) y con el testigo al cual no se aplicó nada (T6), (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis del beneficio/costo de los tratamientos aplicados en el lote de producción orgánica, Zamorano, 2003. (US$/ha).

Tratamiento	(US$/ha)					Beneficio costo
	Costos variables	Costos comunes	Costos totales	Ingreso bruto	Utilidad	
T6	0	2,853	2,853	986	-1,867	- 0.65
T1	58	2,853	2,911	3,484	574	0.20
T2	58	2,853	2,911	3,277	366	0.13
T3	58	2,853	2,911	1,753	-1,158	- 0.40
T4	58	2,853	2,911	3,294	383	0.13
T5	104	2,853	2,957	2,030	-926	- 0.31

T1=*Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante, T2=*Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante, T3=*Trichoderma* siembra/*Trichoderma* transplante, T4=*Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* transplante, T5=*Trichoderma + Paecilomyces* siembra/*Trichoderma +Paecilomyces* transplante.
Tasa de cambio: L 18.00 por 1 US$

CONCLUSIONES

No importando el momento de aplicación (siembra/transplante o viceversa) de *Trichoderma* y *Paecilomyces* en forma separada, se incrementarán los rendimientos en lechuga orgánica en comparación a no aplicarlos (Testigo), pero no habrá una maximización del rendimiento si se aplican ambos hongos al mismo momento.

El tratamiento que presentó una tendencia a maximizar el rendimiento en el cultivo de lechuga orgánica tanto en cantidad como en calidad fue el tratamiento donde se aplicó *Trichoderma* siembra y *Paecilomyces* transplante (T1).

La aplicación de *Trichoderma* en la siembra y *Paecilomyces* al transplante (T2) es la mas rentable de todas las aplicaciones en lechuga orgánica.

RECOMENDACIONES

No aplicar *Trichoderma* más *Paecilomyces* en siembra y *Trichoderma* mas *Paecilomyces* en transplante porque dichas aplicaciones en lechuga orgánica no justifican los rendimientos obtenidos, además de que juntos en las aplicaciones pueden ser antagónicos entre sí.

Realizar el mismo ensayo bajo condiciones controladas de laboratorio utilizando los mismos tratamientos en suelo estéril con inóculo de larvas juveniles de nematodos, evaluando la interacción de ambos hongos en el control de estadios larvales, huevos y nódulos en cultivos hospedantes.

Realizar el mismo ensayo en época de verano bajo un buen sistema de riego, libre de encharcamientos.

BIBLIOGRAFÍA

Bravo Arroyo, X. 2003. Evaluación técnica económica de aplicaciones de azufre sublimado y *Trichoderma harzianum* en melón en invernadero, en Zamorano. . Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 33 p.

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F. 79 p.

Coloma Peralta, X. 2003. Evaluación técnica-económica de la inoculación de los cultivos de pepino, lechuga y tomate con *Trichoderma harzianum* en Zamorano. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 25 p.

Cordero, M.; Acevedo, R. 2000. Evaluación de la capacidad de parasitismo en hongos asociados con el nematodo quiste de la papa, *Globodera* spp. Venez. 13:29.33.

Fernández, E,; Bernal, B.; Vázquez, L. 2002. Manejo de plagas en la agricultura urbana. La Habana, Cuba. Consultado el 18 de Julio de 2003. Disponible en: http://www.aguascalientes.gob.mx/agro/produce/AGRIURBA.htm

Jiménez J. 2003. El control biológico de plagas en banano (en línea). Ciudad de la Habana, Cuba. Consultado el 12 de Marzo de 2003. Disponible en: http://www.aguascalientes.gob.mx/agro/produce/BANA-BIO.htm

SANINET. 2002. Trichoderma spp. (en línea). Costa Rica. Consultado el 26 de Noviembre de 2002. Disponible en: http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/biocontrol/ patogenos/trichoderma.html

SAS Institute. 1999. SAS ® user guide: statistical versión 6.8 Edition. SAS Institute Inc., Cary, N.C.

Universidad de Zulia. 2003. *Trichoderma spp*. En el control biológico de enfermedades de plantas (en línea). Consultado 7 feb. 2003. Venezuela. Disponible en: http://geocities.com/ecologialuz/trichoderma3.html.

ANEXOS

Anexo 1. Costos comunes para todos los tratamientos en US$.

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 648m2	Costo por ha	Costo (%)
MAQUINARIA						
Rastra	0.08	hr	16.44	1.33	20.55	
Arado	0.14	hr	15.79	2.21	34.11	
Surcador	0.06	ha	50.62	3.28	51	
Riego por goteo	56.4	hr	0.28	15.67	145.06	
Sub-Total					250.35	8.78
INSUMOS						
Gallinaza	48	Sacos	0.44	21.33	329.22	
Bokashi	7	Sacos	5.11	36.79	567.78	
Oxicloruro de Cobre	160	g	0.004	0.71	10.97	
Chile	200	cc	0.01	1.44	22.29	
Jabon	200	cc	0.0003	0.06	0.86	
Tracer	4	cc	0.44	1.75	26.95	
Xentary	48	g	0.04	2.05	31.69	
Plántulas	5,184	c/u	0.01	51.84	800	
Sub-Total					1,789.76	62.74
MANO DE OBRA						
Preparación de Camas	1.8	hr	0.72	1.30	12.04	
Transplante	6	hr	0.72	4.33	66.87	
Fertilización	6	hr	0.72	4.33	66.87	
Deshierba	46	hr	0.72	33.22	512.69	
Aplicación de Plaguicidas	2.3	hr	0.72	1.69	26.01	
Cosecha	10.5	hr	0.72	7.58	117.03	
Eliminación del cultivo	1	hr	0.72	0.72	11.15	
Sub-Total					812.65	28.49
TOTAL					2,852.75	100 %

Tasa de cambio: L 18.00 por 1 US$
Ciclo de cultivo 39 días.

Anexo 2. Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* transplante en US$

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 108m^2	Costo por ha	Costo (%)
Aplicación	0.18	hr	0.72	0.13	12	20.74
Trichoderma	2.59	g	0.10	0.24	23	39.63
Paecilomyces	2.59	g	0.10	0.24	23	39.63
TOTAL					58	100 %

Tasa de cambio: L 18.00 por 1 US$

Anexo 3. Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* transplante en US$

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 108m^2	Costo por ha	Costo (%)
Aplicación	0.18	hr	0.72	0.13	12	20.74
Trichoderma	2.59	g	0.10	0.24	23	39.63
Paecilomyces	2.59	g	0.10	0.24	23	39.63
TOTAL					58	100 %

Tasa de cambio: L 18.00 por 1 US$

Anexo 4. Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* transplante en US$

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 108m^2	Costo por ha	Costo (%)
Aplicación	0.18	hr	0.72	0.13	12	20.74
Trichoderma	5.18	g	0.10	0.48	46	79.26
TOTAL					58	100 %

Tasa de cambio: L 18.00 por 1 US$

Anexo 5. Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* transplante en US$

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 108m^2	Costo por ha	Costo (%)
Aplicación	0.18	hr	0.72	0.13	12	20.74
Paecilomyces	5.18	g	0.10	0.48	46	79.26
TOTAL					58	100 %

Tasa de cambio: L 18.00 por 1 US$

Anexo 6. Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Trichoderma* + *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* + *Paecilomyces* transplante en US$

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 108m^2	Costo por ha	Costo (%)
Aplicación	0.18	hr	0.72	0.13	12	11.57
Trichoderma	5.18	g	0.10	0.48	46	44.22
Paecilomyces	5.18	g	0.10	0.48	46	44.22
TOTAL					104	100 %

Tasa de cambio: L 18.00 por 1 US$