

**Evaluación técnica económica de aplicaciones  
de azufre sublimado y *Trichoderma  
harzianum* en melón en invernadero, en  
Zamorano.**

Mauricio Xavier Bravo Arroyo

**Honduras**  
*Abril, 2003*

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Evaluación técnica económica de aplicaciones  
de azufre sublimado y *Trichoderma  
harzianum* en melón en invernadero, en  
Zamorano.**

Tesis presentada como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniero Agrónomo  
en el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

**Mauricio Xavier Bravo Arroyo**

**Honduras**  
*Abril, 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

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mauricio Xavier Bravo Arroyo', written over a horizontal line.

Mauricio Xavier Bravo Arroyo

**Honduras**  
*Abril, 2003*

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme en la vida.

A mi familia y en especial a mis padres con mucho cariño.

## AGRADECIMIENTOS

A mi Mamá por haber dedicado los mejores días de su vida y su salud a la educación de sus hijos. Por ser mi pilar, mi fuerza y mi fortaleza. Por tener siempre esa persistencia de un mañana mejor para la familia.

A mi Papá por haber cultivado en mí los mejores valores que un Padre le puede heredar a un hijo respeto, dedicación, honradez y trabajo. Por haberme apoyado a cumplir este sueño, pese a que las condiciones económicas no eran las mejores.

A mis hermanos Pepe y Glenn, por todos los sacrificios que tuvieron que hacer, para poder continuar con mis estudios, por esas palabras de aliento que nunca faltaron, y por cuidarme y consentirme siempre. Un millón de gracias hermanos, no los defraudaré.

A mis sobrinos Maria Isabel, Glenn e Isabela, por ser la fuente de inspiración, por un mañana mejor.

A mis cuñadas Julisa y Gaby, por estar siempre pendientes de mi y por haberme dado tres hermosos sobrinos.

Al Dr. Alfredo Rueda por haber dedicado su valioso tiempo en la planeación, ejecución y conclusión de este experimento, por ser un ejemplo de humildad, sencillez e inagotable paciencia.

Al Ing. José María Miselem, por todo lo enseñado, por ser un amigo, un ejemplo y un orgullo para todos los Zamoranos.

Al Ing. Rogelio Trabanino, por el apoyo brindado.

Al Ing. Jorge Iván Restrepo por su amistad brindada y por haberme seleccionado para una beca y así poder terminar el programa Ingeniero Agrónomo.

Al Ing. Rommel Reconco y por su asistencia incondicional en la realización de este trabajo.

Al Dr. Raúl Espinal por todas las dudas aclaradas, por su ayuda incondicional y desinteresada en este experimento.

A Antonio Jaco por la ayuda en la toma de datos y por extenderme su mano cuando lo necesitaba.

Al Dr. Gauggel, por todo lo enseñado, por ser un ejemplo de humildad y sencillez.

A todo el personal de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos de Zona 3, en especial a Inés por su dedicación incondicional en los muestreos de toma de datos.

Al Ing. Barahona y Ing. Marcial Rubio, por su asesoramiento y logística brindada para realizar este experimento.

A la Ing. Claudia Kuniyoshi por sus palabras dulces, por compartir una sonrisa en los buenos y malos momentos y por los consejos dados en el transcurso del experimento.

A todo el personal del Area de Protección Vegetal, en especial a Doña María por siempre estar disponible para ayudar cuando lo necesité, Dios la bendiga siempre.

A mis colegas de la última clase PIA 2003 (René, Juan Carlos, Roberto, Raúl, Stalín, Donaldo, Allan, Osmán, Raúl Perdomo, María Esther), por cada clase compartida, los buenos y malos momentos vividos y por compartir sus experiencias como profesionales, que de seguro me servirán de mucho.

A mis compañeros de cuarto en Zamorano, Santiago, Antonio, Víctor y Jorge gracias por todo.

A todas aquellas personas con las cuales compartí momentos inolvidables durante mi permanencia en Zamorano, en especial a Jennifer, Jenny, Gabriela, Maribel y Andrea.

A Soraya y Xiomara por ser más que mis colegas mis amigas un millón de gracias por todo, en especial por esas palabras de ánimo que nunca dejaron de dárme las. Por darme a saber que cuento con ustedes siempre, y por ser como son.

A la gloriosa clase OMEGA 98.

A Zamorano por todos los momentos vividos, las invaluable enseñanzas y formación de carácter.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

A la Fundación Nippon por la beca otorgada, para realizar el programa Ingeniero Agrónomo.

Al Instituto Ecuatoriano de Crédito Educativo y Becas (IECE), por su colaboración financiera para el desarrollo de mi educación superior.

A COSUDE y PROMIPAC por su ayuda financiera.

A mi familia por todo el apoyo económico brindado durante mi permanencia en Zamorano.

## RESUMEN

Bravo, M. 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.

El experimento evaluó el efecto del azufre sublimado para el control de oidium (*Sphaerotheca fuliginea*), y *Trichoderma harzianum* en el control de nematodos (*Meloidogyne* sp.) en melón (variedad Hy-Mark) producido en bolsas plásticas negras de 19 L, bajo invernadero en un sistema semi-hidropónico. El ensayo se realizó entre agosto y noviembre de 2002, en El Zamorano, Honduras,. El diseño fue factorial  $2 \times 2$  en parcelas divididas cuya parcela principal era sublimación de azufre y la subparcela *T. harzianum* con cinco repeticiones. Debido a que no se presentó oidium en ninguno de los tratamientos, pero se presentaron nematodos del género *Meloidogyne* sp. en uno de los invernaderos, se analizó el efecto de *T. harzianum* sobre las variables medidas por separado en cada invernadero. Para ésta se utilizó una prueba t con la hipótesis que el *T. harzianum* es mejor que el testigo con una  $P \leq 0.1$ . La inoculación con *T. harzianum* en sustrato con nematodos redujo el daño de raíces en 64% ( $P=0.01$ ); aumentó la producción de melones comerciales en 2,773 kg/ha (4%); aumentó el número de frutos por planta en 4.7% ( $P=0.03$ ), y aumentó los grados brix en 0.7 ( $P=0.01$ ). *T. harzianum* en sustratos sin nematodos aumentó el número de frutos por planta en 4.7% ( $P=0.02$ ), aumentó la producción de melones comerciales en 2,426 kg/ha (5%) ( $P=0.05$ ), aumentó los grados brix en 0.6 ( $P=0.01$ ) y aumentó el peso por frutos comercial en 4.8% ( $P=0.05$ ). Esto se puede deber a que *T. harzianum* crece con las raíces formando una especie de guante, que protege a las raíces de infecciones secundarias, y no permitió que los hongos patógenos, ni nematodos tuvieran acceso a las raíces. La aplicación de *T. harzianum* en sustrato sin nematodos alcanzó la máxima utilidad por ciclo (2,264 US\$/ha), una rentabilidad de 44% y una tasa de retorno marginal de 999%. La utilización de esta nueva tecnología aumenta la productividad y ganancias del productor melonero.

**Palabras clave:** *Cucumis melo*, hongos, invernadero, *Meloidogyne*, *Sphaerotheca fuliginea*.

  
 /Abelino Pitty, Ph.D.

## NOTA DE PRENSA

### USO DE TrichoZam<sup>®</sup> AUMENTA LA PRODUCTIVIDAD Y GANANCIAS DEL CULTIVO DE MELON

Los cultivos hortícolas en especial el melón se ha caracterizado por ser un sistema de producción intensiva, en el cual se invierte grandes cantidades de insumos y mano de obra. Este cultivo se encuentra expuesto a varios patógenos como nematodos, que reducen significativamente el rendimiento. Los cuales son organismos microscópicos que atacan y dañan el sistema radicular de las plantas de melón, interfieren en desarrollo normal de la raíz. El control de estos patógenos se ha basado en la aplicación de fumigantes del suelo, ahora se presenta una alternativa biológica como TrichoZam para su control, cuyo ingrediente activo es *Trichoderma harzianum*.

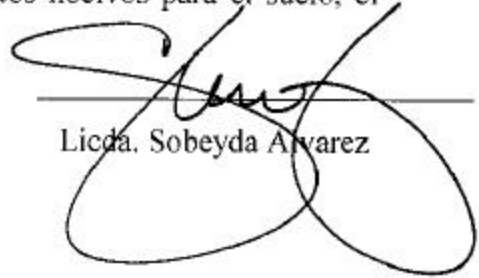
En Honduras, el cultivo de melón es considerado una importante fuente de divisas, sobre todo en la zona sur donde pasó de ser un producto de pequeña escala a ser el principal producto de exportación de esa región. Los volúmenes requeridos por el mercado internacional no siempre son satisfechos y el productor de melón no obtiene las utilidades esperadas debido a los ataques de patógenos del suelo.

TrichoZam<sup>®</sup> es colocado en el medio de crecimiento, este coloniza las raíces formando una capa protectora sobre ellas con la ventaja de que el hongo crece con las raíces formando una especie de guante, protegiéndolas siempre, el cual se alimenta del exudado que producen las raíces.

En un ensayo realizado en Zamorano, Honduras se entre los meses de agosto a noviembre de 2002 se encontró que al aplicar TrichoZam<sup>®</sup> en los cultivos de melón en sustratos con nematodos, reduce el daño de raíces, incrementa el número de frutos por planta y mejora los grados Brix. Y en sustratos sin nematodos aumentó el número de frutos por planta, mejoró los grados Brix e incrementó el peso por fruto comercial. TrichoZam<sup>®</sup> en sustratos sin nematodos alcanzó la máxima utilidad por ciclo (2,264 US\$/ha) con una rentabilidad del 44% y una tasa de retorno marginal de 999%, lo cual prevee un futuro prometedor para el productor de melón que tienen bajos rendimientos en la producción de melón asociados a los problemas sanitarios del suelo.

En el análisis también se incluyó, la evaluación de sublimación de azufre como controlador de una de las principales enfermedades de melón (oidium) que ataca con más frecuencia al melón en época seca, sin embargo la enfermedad no se presentó.

Cada año se pierde más del 20 %, de la producción mundial de hortalizas debido a malezas, enfermedades y plagas. Se gastan aproximadamente 54 billones de dólares para su control que por lo general, se lleva a cabo con productos químicos que a largo plazo causa mayor presión en el ambiente. La introducción de agentes biológicos amigables como el Tricho zam<sup>®</sup> representa un gran avance en el control de patógenos como nematodos, ya que no tiene efectos nocivos para el suelo, el medio ambiente, ni para el ser humano.



Licda. Sobeyda Alvarez

## CONTENIDO

Portadilla.....		i
Autoría.....		ii
Página de firmas.....		iii
Dedicatoria.....		iv
Agradecimientos.....		v
Agradecimientos a patrocinadores.....		vii
Resumen.....		viii
Nota de prensa.....		ix
Contenido.....		xi
Indice de cuadros.....		xiii
Indice de figuras.....		xiv
Indice de anexos.....		xv
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1	JUSTIFICACION.....	1
1.2	OBEJETIVOS.....	2
1.2.1	Objetivo general.....	2
1.2.2	Objetivo específico.....	2
<b>2.</b>	<b>REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>6</b>
3.1	LOCALIZACION DEL ENSAYO.....	6
3.2	DESCRIPCION DE LOS MACROTUNELES.....	6
3.3	MANEJO DEL CULTIVO.....	6
3.4	TRATAMIENTOS.....	7
3.5	DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS.....	7
3.5.1	Sublimación.....	7
3.5.1.1	Características de los sublimadores Terwengel.....	7
3.5.1.2	Instalación sublimación de azufre.....	8
3.5.1.3	Ubicación.....	8
3.5.1.4	Dosis de azufre.....	8
3.5.1.5	Días y horas de sublimación.....	8
3.5.1.6	Limpieza de los sublimadores.....	8
3.5.2	<i>Trichoderma harzianum</i> .....	8
3.5.2.1	Fecha de aplicación.....	9
3.5.2.2	Dosis de aplicación.....	9
3.5.2.3	Forma de aplicación.....	9
3.5.3	Manejo de la Zamoempresa de cultivos intensivos (testigo).....	9
3.6	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	9
3.6.1	Etaa vegetativa.....	9

3.6.2	Etapa reproductiva.....	10
3.6.3	Etapa de cosecha.....	10
3.7	ANALISIS ESTADISTICO.....	11
3.8	ANALISIS ECONOMICO.....	11
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>12</b>
4.1	ANALISIS AGRONOMICO.....	12
4.1.1	Sublimación.....	12
4.1.1.1	Rendimiento.....	12
4.1.1.2	Número de frutos/ha.....	12
4.1.1.3	Peso promedio por fruto.....	13
4.1.1.4	Grados Brix, severidad de nematodos y frutos por planta.....	13
4.1.1.5	Aspersiones químicas y días a cosecha.....	14
4.1.2	Con nematodos.....	14
4.1.2.1	Grados Brix, severidad de nematodos y frutos por planta.....	14
4.1.2.2	Rendimiento.....	15
4.1.2.3	Número de frutos/ha.....	15
4.1.2.4	Peso promedio por fruto.....	15
4.1.3	Sin nematodos.....	16
4.1.3.1	Grados Brix, severidad de nematodos y frutos por planta.....	16
4.1.3.2	Rendimiento.....	16
4.1.3.3	Número de frutos/ha.....	16
4.1.3.4	Peso promedio por fruto.....	17
4.2	ANALISIS ECONOMICO.....	17
4.2.1	Sublimación.....	17
4.2.2	Con y sin nematodos.....	19
4.2.2.1	Análisis de sensibilidad.....	20
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>26</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>28</b>

## INDICE DE CUADROS

### Cuadro

1	Características físicas del azufre.....	3
2	Porcentaje de infección de <i>Sphaerotheca fuliginea</i> en el área foliar.....	10
3	Escala de severidad del daño radicular en melón causado por <i>Meloidogine sp.</i> .....	11
4	Efecto en el rendimiento en peso (kg/ha) de la sublimación de azufre en melón, bajo invernadero .....	12
5	Efecto en el número de frutos/ha con sublimación de azufre en melón, bajo invernadero.....	13
6	Efecto en el peso promedio por fruto (g) con sublimación de azufre en melón, bajo invernadero.....	13
7	Efecto en los grados Brix, nematodos y número de frutos por planta con sublimación de azufre en melón, bajo invernadero.....	13
8	Productos químicos usados en el ensayo y días a cosecha.....	14
9	Efecto de los grados Brix, severidad de nematodos y frutos por planta con <i>T. harzianum</i> en presencia de nematodos en melón, bajo invernadero.....	14
10	Efecto del rendimiento en peso (kg/ha) con <i>T. harzianum</i> en presencia de nematodos en melón, bajo invernadero.....	15
11	Efecto en el número de frutos/ha con de <i>T. harzianum</i> en presencia de nematodos, en melón, bajo invernadero.....	15
12	Efecto en el peso promedio por fruto (g) con <i>T. harzianum</i> en presencia de nematodos en melón, bajo invernadero.....	15
13	Efecto en los grados Brix, severidad de nematodos y frutos por planta con <i>T. harzianum</i> en melón, bajo invernadero.....	16
14	Efecto en el rendimiento en peso (kg/ha) con <i>T. harzianum</i> en melón, bajo invernadero.....	16
15	Efecto en el número de frutos/ha con <i>T. harzianum</i> en melón, bajo invernadero.....	17
16	Efecto en el peso promedio por fruto (g) con <i>T. harzianum</i> en melón, bajo invernadero.....	17
17	Costo del cultivo con sublimación contra el testigo.....	18
18	Presupuesto parcial con sublimación contra testigo.....	18
19	Tasa de retorno marginal sublimación contra testigo.....	19
20	Presupuesto parcial de <i>T. harzianum</i> con y sin presencia de nematodos.....	20
21	Análisis retorno marginal de <i>T. harzianum</i> con y sin presencia de nematodos.....	20
22	Análisis de sensibilidad de la tasa de retorno marginal para el uso de <i>T. harzianum</i> con los datos de cada tratamiento en los diferentes escenarios....	21
23	Análisis de sensibilidad beneficio/costo para los tratamientos testigo y <i>T. harzianum</i> en escenarios con y sin presencia de nematodos.....	22
24	Rentabilidad esperada del cultivo (US\$/ha).....	22
25	Análisis de Rentabilidad de Costos obtenidos con los datos de cada tratamiento en los diferentes escenarios. ....	23

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		
1	Sublimador Terwengel <b>a)</b> Vista Anterior <b>b)</b> Vista Posterior.....	7
2	Curva de beneficios netos marginales.....	19

**INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo</b>		
1	Control fitosanitario realizado en el ciclo del cultivo.....	29
2	Porcentaje de infección del área foliar.....	30
3	Costos comunes (US\$/ha).....	31
4	Costos variables Sublimación (US\$/ha).....	32
5	Costos variables con <i>T. harzianum</i> con y sin presencia de nematodos (US\$/ha).....	33

# 1. INTRODUCCION

Cada año se pierde más del 20% de la producción mundial de hortalizas, debido a malezas, enfermedades y plagas y se gastan aproximadamente 54 billones de dólares en el control de ellas (Lewinz y Papavizas, 1991). Lo cual ha traído como consecuencia el uso intensivo de productos químicos para minimizar las pérdidas económicas, existiendo una mayor presión en el ambiente, económico y social (Salazar, 1992).

Todo esto ha llevado a la agricultura moderna a desarrollar nuevas alternativas o soluciones de producción más segura y de mayor rentabilidad, basados en el uso racional de los recursos naturales, con un menor uso de plaguicidas de alto riesgo. Las cuales estimulan a desarrollar productos naturales y biopesticidas, que sean amigables con el ambiente y que permitan contrarrestar las pérdidas que causan las enfermedades, malezas y plagas (Alarcón, 2000).

La producción de melón bajo invernadero es una alternativa para producir esta hortaliza en épocas lluviosas, cuando es muy difícil su producción en el campo. Lo cual, implica crear y desarrollar técnicas de manejo de invernaderos y del propio cultivo que permita el mejor desarrollo en las mejores condiciones, lo que se necesita es buen conocimiento de los requerimientos de la planta en lo relacionado a temperatura, iluminación, humedad, plagas y enfermedades (Gamayo, 1991).

## 1.1 JUSTIFICACION

El cultivo de melón bajo invernadero en Zamorano tiene problemas en el manejo y control preventivo de *Oidium* (*Sphaerotheca fuliginea*), reportándose pérdidas de hasta el 40%<sup>1</sup> debido al ataque severo de este patógeno, más enfermedades del suelo y nematodos.

En la actualidad su manejo y control se realiza a base de fungicidas, obteniéndose un control costoso y sin buenos resultados, por lo que se propone una alternativa para su manejo, como lo es el azufre sublimado. Esta práctica es muy utilizada en cultivos intensivos bajo cubierta, como es el cultivo de rosas, cuya práctica ha sido utilizada por más de 10 años con resultados exitosos, obteniendo una mayor rentabilidad, con una reducción en el uso de aspersiones de fungicidas, menor residuo de agroquímicos en el follaje y una reducción en la mano de obra destinada para las aspersiones químicas, mejor calidad del producto para exportación.

---

<sup>1</sup> Barahona, U. 2002. Comunicación personal

*Trichoderma harzianum* se presenta como una alternativa para mejorar las condiciones de la rizósfera y/o medio de crecimiento de las plantas. Para lo cual se espera que sirva de protección al sistema radicular contra enfermedades y nematodos, que las raíces tengan un crecimiento vigoroso y rápido. Y con esto obtener una mayor producción y mayores ganancias al productor melonero.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar agronómica y económicamente el uso de sublimado de azufre para el manejo y control preventivo de Oidium (*S. fuliginea*) y *T. harzianum* para prevenir el ataque de nematodos en la raíz, en un sistema semi-hidropónico bajo invernadero en Zamorano, Honduras.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar la efectividad del sublimado de azufre, para el control preventivo de Oidium (*S. fuliginea*) en melón bajo invernadero.
- Determinar el grado de control de ácaros con sublimado de azufre.
- Determinar si el sublimado de azufre afecta a los insectos polinizadores del melón (*Apis mellifera*).
- Determinar el costo/beneficio en la utilización de azufre sublimado, para el control del Oidium (*S. fuliginea*).
- Determinar el efecto de *T. harzianum*. como protector de patógenos del suelo y nematodos.
- Determinar el costo/beneficio en la utilización de *T. harzianum*.

## 2. REVISION DE LITERATURA

El Oidium (*S. fuliginea*) es, sin duda, el hongo que ataca con más frecuencia al melón en época seca. En la superficie de las hojas aparecen manchas circulares blanquecinas, inicialmente separadas, pero que puede llegar a cubrir toda la superficie foliar. También pueden aparecer estas manchas en los tallos, pecíolos, zarcillos y sobre la corteza de frutos jóvenes (Gamayo, 1991).

Para su control y manejo se utiliza sublimado de azufre, el cual consiste en que un sólido pasa directamente a gas. El azufre realiza su acción al estado de vapor, penetrando las células del Oidium como resultado de su solubilidad en los lípidos de las paredes celulares del hongo. (García, 1997) En el interior de la célula el azufre es reducido a sulfuro de hidrógeno interfiriendo con varios procesos metabólicos al bloquear la respiración celular e inhibir la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas. Estos procesos ocurren dentro de las ocho horas siguientes al tratamiento, con una máxima actividad alrededor de la tercera hora. Su acción en varios sitios impide el desarrollo de resistencia en el hongo, como ha quedado demostrado por su uso en más de 100 años (Cruz, 1998).

### Cuadro 1. Características físicas del azufre

Propiedades	Características
Apariencia	Polvo fino Amarillo
Olor	Inoloro
Solubilidad en Agua	Insoluble
Punto de fusión	>120°C
Densidad	2.05 g/cc

**Fuente:** Casa comercial Fenorsa, Honduras.

El azufre que se comercializa para este fin tiene 98.5% de pureza y fue desarrollado para el control de Oidium, con una acción preventiva del Mildiu y una acción secundaria sobre ácaros.

Existen otros patógenos que producen daños severos al cultivo de melón, hasta el punto de causarle la muerte, como *Fusarium oxysporium* (Terranova, 2001). El cual produce la caída de plántulas, y más tarde tizón de tallos, donde forma estrías oscuras, largas de tipo húmedo para posteriormente formar un color amarillo ámbar. Los síntomas en las hojas son lesiones necróticas y en las raíces se observa un color café rojizo que posteriormente causan la muerte (Giaconi y Escaff, 1997).

*T. harzianum* es un hongo benéfico que se encuentra naturalmente en todos los suelos, se alimenta y vive del exudado que produce las raíces de las plantas. Actúa como antagonista ecológico, pues posee una habilidad especial para colonizar las raíces de las plantas, no dejando nicho ecológico a otros hongos patógenos que intenten infectar la raíz, forma una barrera protectora como un guante, formando una simbiosis entre el hongo y las raíces (CDA, 2002).

Entre los beneficios que nos brinda este hongo tenemos (Universidad de Zulia, 2003):

- 1) Coloniza la rizósfera alrededor de las raíces, favoreciendo la disponibilidad de los nutrientes de las plantas.
- 2) Provee una protección durante todo el ciclo de la planta ya que se desarrolla con las raíces de las plantas.
- 3) Protege las raíces de infecciones secundarias, como por ejemplo, cuando insectos causan daños a las raíces, el *T. harzianum* no permite que los hongos patógenos tengan acceso a estas lesiones.
- 4) Protege las raíces de la planta de bacterias por el método de exclusión ya que muchas de las bacterias penetran después de daños que causan insectos, hongos o labores de campo.
- 5) Las raíces crecen más rápido, ya que no tienen factores que las reduzcan.
- 6) Las plantas producen sistemas radiculares más voluminosos.
- 7) No compite por nutrimentos del suelo con la planta.
- 8) Reducen el estrés de las plantas.

*T. harzianum* crece y se ramifica como una hifa de hongo típica, 5-10  $\mu\text{m}$  de diámetro. Este organismo tiene esporulación asexual, forma esporas de cada celda, usualmente verdes, conidia (típicamente de 3-5  $\mu\text{m}$  en diámetro) que son liberados en grandes cantidades. Este hongo se desarrolla en suelos con pH de 4 a 8 y con temperaturas de 8 °C a 35 °C (Danielson y Davey, 1973).

Las plantas disponen de varias vías y mecanismos para resistir el ataque de diversos patógenos. Aunque algunas veces el patógeno supera la propia defensa vegetal, produciendo una infección muy difícil de combatir, es posible aumentar las defensas de la planta frente a dichos agentes patógenos. El uso de *T. harzianum* como agente de biocontrol es mayoritariamente preventivo, ya que si todavía no ha habido ataque, la planta está preparada y protegida para impedir la infección fungosa, y si ésta se ha producido ya, la acción del hongo *T. harzianum* proporciona a la planta una ayuda fundamental para superar dicha infección, llegando en algunos casos a controlarla. (Iabiotec, 2003).

Es difícil determinar exactamente los mecanismos de acción que emplean las cepas autóctonas del hongo *T. harzianum* seleccionadas, pero en definitiva proporciona una elevada defensa frente al ataque de patógenos por vías diferentes y está demostrado en laboratorio y ensayos en campo. Es efectivo como tratamiento de semillas para hortícolas, extensivos y ornamentales. El hongo *T. harzianum* coloniza las raíces, aumenta la salud y masa radicular y consecuentemente se obtienen mayores rendimientos, cosa que no se consigue con un fungicida convencional (Iabiotec, 2003).

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 LOCALIZACION DEL ENSAYO**

El ensayo fue realizado en los invernaderos D y F de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos (ZECI) de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, ubicado en zona III, valle del Río Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente a 30 km de Tegucigalpa en la carretera oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras. Latitud 14° norte y 87° oeste, a 808 m.s.n.m; con una precipitación media anual de 1100 mm.

#### **3.2 DESCRIPCION DE LOS MACROTUNELES**

Su estructura es de hierro industrial, de dos pulgadas de diámetro, recubierta con pintura anticorrosiva, los arcos están colocados cada 3 metros a lo largo del invernadero y tienen una altura de 4.5 m, las dimensiones son de 84 m de largo por 10 m de ancho, lo que nos da un área total de 840 m<sup>2</sup>, en el techo está colocado un plástico calibre seis milésimas de pulgada, que protege los rayos ultra violeta, su vida útil es de 50 meses. Se encuentra emplastado sobre 1.10 m del suelo, ya que en este espacio las paredes laterales está colocada una malla anti insectos y en las paredes posteriores que están hechas de madera están recubiertas con saran número 50.

#### **3.3 MANEJO DEL CULTIVO**

Las plantas de melón del cultivar Hy mark son resistentes/tolerantes al mildew polvoso, *Erysiphe cichoracearum*, *Sphaerotheca fuliginea* raza 1. La pulpa de la fruta es de color salmón intenso con una cavidad de semillas pequeña. Madura entre los 60 a 70 días después del trasplante. Los frutos son de forma ovalada, de 12 cm de ancho x 13 cm de alto. El peso varía entre 1.4 y 1.6 kilogramos (kg), normalmente no presenta suturas, el color de la corteza es amarillo cremoso, de alta calidad y excelente resistencia al transporte (Boletín Petoseed, 1989).

Las plantas del experimento fueron sembradas el 9 de agosto del 2002, en bandejas de poliestireno de 128 agujeros y fueron transplantadas a las bolsas plásticas negras de 19 L, el 21 de agosto del 2002.

El medio de crecimiento tenía compost, casuya de arroz, arena de río con una proporción 5:4:1 respectivamente.

En cada invernadero se ubicaron 1,640 bolsas distribuidas en cuatro camas, a las cuales se les recubrió de plástico negro y sobre ellas se distribuyó casulla de arroz con el objetivo de evitar el crecimiento de las malezas, cada cama tenía doble hilera de bolsas plásticas a 0.4 m entre bolsas. y 2.25 m entre camas, lo que nos da una densidad de 2.22 plantas/m<sup>2</sup>.

En el anexo 1 se resume los diferentes problemas fitosanitarios que se presentaron durante el desarrollo del cultivo, las aplicaciones y su dosis, que se realizaron para su manejo y control de las diferentes plagas y enfermedades.

Para llevar a cabo la polinización se utilizó dos colmenas de abejas (*A. mellifera*) dentro de cada invernadero, las que estuvieron desde el día 24 hasta el día 48 después del transplante (DDT).

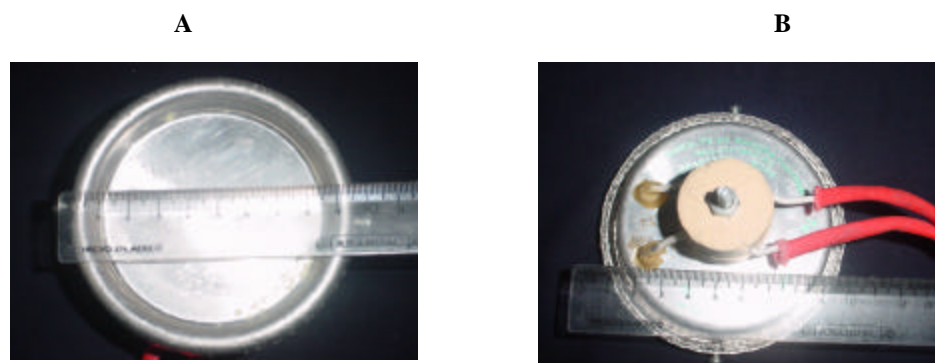
### 3.4 TRATAMIENTOS

1. Con sublimación de azufre
2. Con sublimación de azufre y *T. harzianum*
3. Sin sublimación y *T. harzianum*
4. Manejo tradicional de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos (testigo)

### 3.5 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS

#### 3.5.1 Sublimación

**3.5.1.1 Características de los sublimadores Terwengel.** Son vasos de aluminio calentados por una resistencia eléctrica a 110 voltios (40 WT), cuya temperatura máxima alcanza los 190 °C (Pazmiño, 2002)<sup>2</sup>. Mide 8.5 cm de diámetro y 1.0 cm de profundidad, fabricados en Santa Fé de Bogota, Colombia (Apartado 51790).



**Figura 1.** Sublimador Terwengel **a)** Vista Anterior **b)** Vista Posterior

<sup>2</sup> Pazmiño, L. 2002. Comunicación personal.

### **3.5.1.2 Instalación sublimación de azufre**

En el invernadero “D” se realizó la instalación de los sublimadores y se colocó uno cada 40 m<sup>2</sup>, para un total de 22 sublimadores, distribuidos en dos líneas, es decir 11 sublimadores por línea, a una distancia de 7.6 m entre sublimador y entre líneas de 4 m, para lo cual se utilizó 200 metros de cable de electricidad número diez.

Para el encendido y apagado del sistema eléctrico se utilizó un timer de 110 voltios.

### **3.5.1.3 Ubicación**

Los sublimadores estuvieron colocados a la mitad de la altura promedio de las plantas, altura que era modificada de acuerdo al crecimiento del cultivo, quedando siempre los sublimadores a la mitad de la altura promedio de las plantas. Los sublimadores se instalaron paralelos a las camas y completamente horizontales para evitar derrames de azufre y garantizar así una sublimación uniforme.

### **3.5.1.4 Dosis de azufre**

Se colocó en cada sublimador 8 g (2,000g/ha) los días lunes y miércoles; los viernes se colocaron 12 g (3,000g/ha). En todo el ciclo del melón se utilizó 39,285 g/ha de azufre micronizado.

### **3.5.1.5 Días y horas de sublimación**

El sublimado de azufre se realizó diariamente en la noche, por seis horas diarias (desde las 8 PM hasta las 2 AM cuando se apaga el timer). El gas se moviliza a todas las hojas del cultivo dándole una capa de protección y evitando que el hongo germine o penetre.

### **3.5.1.6 Limpieza de los sublimadores**

Los sublimadores fueron lavados los días miércoles de cada semana, para lo cual se colocaron boca abajo para posteriormente conectar el sistema eléctrico por 10 minutos, tiempo suficiente para que ocurra la fusión de la pasta de azufre solidificada. Luego se desconectó y se esperó por otros 10 minutos para que se enfríen los platos y puedan ser colocados en su posición original. Finalmente se recogió el azufre solidificado del suelo.

### **3.5.2 *Trichoderma harzianum***

El *T. harzianum* utilizado en esta evaluación es producido en el laboratorio de Control biológico de Zamorano, y se le conoce comercialmente como TrichoZam<sup>®</sup>.

### 3.5.2.1 Fecha de aplicación

Se aplicó *T. harzianum* en semillero a los seis días de haber sido sembrado el cultivo (15 de agosto del 2002), y posteriormente se realizó un drench al momento del transplante en las camas 1 y 2 invernadero D y F (23 de agosto del 2002).

### 3.5.2.2 Dosis de aplicación

La dosis que se utilizó para el tratamiento fue 500 g/ha, con una concentración de  $5 \times 10^8$  conidios/g y se utilizó para el ensayo 180 g en total. Se prepara 40 g en 16 L de agua, que es la capacidad de la bomba de mochila.

### 3.5.2.3 Forma aplicación

En semillero se asperjó *T. harzianum* (90 g) utilizando una bomba de espalda manual, con capacidad de 16 L, y se roció en las bandejas sobre el medio de crecimiento.

Una vez que las plántulas ya se encontraban transplantadas en las bolsas plásticas se aplicó *T. harzianum*, al medio de crecimiento en forma de drench.

### 3.5.3 Manejo de la Zamoempresa de cultivos intensivos (testigo).

Para el manejo y control de *S. fuliginea* se realiza con base en muestreos de campo, los planes de acción se toman en base en niveles críticos y su control químico se realiza con el producto que se encuentre en rotación para cada semana.

## 3.6 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para cada repetición por tratamientos, se muestreó enfermedades y plagas de tres plantas al azar, las cuales se revisaron las hojas de la planta de melón de los tres tercios (superior, medio e inferior).

### 3.6.1 Etapa vegetativa

Se muestreó tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) cada unidad experimental después del transplante y se midió:

- **Incidencia de plagas y enfermedades.** La cual se midió de acuerdo al total de plantas en el invernadero, con relación al número de plantas con plagas o enfermedades.

- **Severidad de la enfermedad.** Para enfermedades se midió de acuerdo al área infectada en la hoja (cuadro 2), como se puede observar en el anexo 2 y para plagas se reportó presencia y daño.

**Cuadro 2.** Porcentaje de infección de *Sphaerotheca fuliginea* en el área foliar.

Grado	% de área infectada
0	0
1	0-1
2	1-5
3	5-20
4	20-40
5	>40

Fuente: Eppo. 1997.

### 3.6.2 Etapa reproductiva

- Frutos por planta (cuaje de flores), en la cual se contaron los frutos que se encontraban con un diámetro de 5 a 7 cm.
- **Incidencia de plagas y enfermedades** La cual se midió de acuerdo al total de plantas en el invernadero, con relación al número de plantas con plagas o enfermedades.
- **Severidad.** Para enfermedades se midió de acuerdo al área infectada en la hoja (cuadro 2), como se puede observar en el anexo 2 y para plagas se reportó presencia y daño.

### 3.6.3 Etapa de cosecha

Las variables agronómicas medidas fueron relacionadas con la calidad final del fruto, al igual que el rendimiento del cultivo.

- Grados brix
- Kg de frutos comerciales.
- Kg de frutos totales.
- Peso promedio por fruto Total (g)
- Peso promedio por fruto comercial (g)
- Peso promedio por fruto no comercial (g)
- Número de frutos comerciales
- Total de frutos
- Severidad de nematodos.

**Cuadro 3.** Escala de severidad del daño radicular en melón causado por *Meloidogine* sp.

Escala	Descripción de la escala	% de nódulos (severidad)
0	Raíces sin ningún daño	0
1	Ligeramente dañado	10-15
2	Moderadamente dañado	16-40
3	Altamente dañado	41-70
4	Severamente dañado	71-90
5	Extremadamente dañado	91-100

### 3.7 ANALISIS ESTADISTICO

Se utilizó parcelas divididas con un arreglo factorial  $2 \times 2$  con bloques completos en franjas, donde las parcelas principales fueron la sublimación de azufre y las subparcelas fueron *T. harzianum*.

Se evaluaron cuatro tratamientos, con cinco repeticiones con 20 unidades experimentales. Para el análisis estadístico se utilizó el programa “Statistical Analysis System” (SAS, 1999) versión 8 con el cual se realizó un análisis de Varianza Univariado (ANDEVA) y empleando el procedimiento General Lineal Models (GLM).

Pero en una de las parcelas (invernadero D) se contaminó el sustrato con nematodos y las raíces fueron afectadas severamente, por lo cual no se puede determinar el efecto de la sublimación en los nematodos y por cuanto estos afectaron los rendimientos y la calidad del melón. Debido a esto solo se analizó con este modelo la sublimación, y por separado los efectos que tuvo *T. harzianum* y para ello se utilizó una prueba t con la hipótesis de que el efecto de *T. harzianum* es mejor que el testigo con una  $P = 0.1$ , con el programa MINITAB Statistical Software, 1999.

### 3.8 ANALISIS ECONOMICO

Se utilizó el sistema de formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos del Programa de Economía del CIMMYT (1988). Se calcularon y se elaboraron los presupuestos parciales para calcular los costos que variaron y obtener los beneficios netos de cada tratamiento. Además se realizó un análisis de dominancia de los tratamientos evaluados. Para determinar el cambio de un tratamiento por otro, se comparó el cambio de los costos variables y los beneficios netos de cada uno de los tratamientos para lo cual se utilizó la tasa de retorno marginal.

Para determinar el grado de riesgo de adquirir la nueva tecnología, se realizó un análisis de sensibilidad, y para ello se presentó tres escenarios: pesimista, esperado, y optimista, para los cuales se realizó un factor de ajuste al rendimiento de 20, 10 y 5% respectivamente.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. ANALISIS AGRONOMICO.

#### 4.1.1. Sublimación

La aplicación de azufre sublimado tenía como objetivo el control preventivo de *S. fuliginea* pero dadas las condiciones climáticas, no se presentó la enfermedad en el experimento con azufre sublimado, por lo que no se pudo medir su efecto estadísticamente en el control preventivo de *S. fuliginea*.

##### 4.1.1.1 Rendimiento

Como se puede observar en el cuadro 4 con el uso de azufre sublimado en los invernaderos de melón, existió una tendencia estadística a favor del testigo en mayores kilogramos de frutos comerciales en 24% (P=0.01), mejorando el total de kg de frutos producidos en 16.5% (P=0.01).

**Cuadro 4.** Efecto en el rendimiento en peso (kg/ha) de la sublimación de azufre en melón bajo invernadero.

Tratamiento	Kg/ha		Totales
	Comercial	% Comercial	
Testigo	28,680*	78*	36,450*
Sublimación	23,130	73	31,283
P=	0.01	0.01	0.01

\*Las medias son estadísticamente diferentes. Prueba Duncan (P=0.1).

##### 4.1.1.2 Número de frutos/ha

Existió una tendencia estadística a favor del testigo en un aumento en el número de frutos comerciales en 24.9% (P=0.01), y mejoró el número total de frutos en 15.2% (P=0.05) (cuadro 5).

**Cuadro 5.** Efecto en el número de frutos/ha con sublimación de azufre en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Número de Frutos/ha		
	Comerciales	% Comercial	Total
Testigo	22,691*	67.4*	33,567*
Sublimación	18,171	62.0	29,148
P=	0.01	0.07	0.05

\*Las medias son estadísticamente diferentes. Prueba Duncan ( $P=0.1$ ).

#### 4.1.1.3 Peso promedio por fruto

No existió ninguna diferencia estadística entre los tratamientos, pero existió una tendencia a favor del testigo (cuadro 6).

**Cuadro 6.** Efecto en el peso promedio por fruto (g) con sublimación de azufre en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Peso Promedio (g) Frutos		
	Comercial	No Comercial	Totales
Testigo	1,284	727	1,088
Sublimación	1,266	749	1,075
P=	0.73	0.54	0.75

\*Las medias son estadísticamente diferentes. Prueba Duncan ( $P=0.1$ ).

#### 4.1.1.4 Grados Brix, severidad de nematodos y frutos por planta.

Los grados Brix fueron iguales estadísticamente, además se pudo comprobar que el azufre sublimado no causa fitotoxicidad, no afectó a los insectos polinizadores (*Apis mellifera*) ya que el número de frutos por planta son estadísticamente iguales tanto en la sublimación como en el testigo (cuadro 7).

**Cuadro 7.** Efecto en los grados Brix, nematodos y número de frutos por planta con sublimación de azufre en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Grados Brix	Severidad de nematodos	Frutos/Planta
Testigo	10.7	0	1.515
Sublimación	10.6	2.9	1.505
P=	0.46		0.17

\*Las medias son estadísticamente diferentes. Prueba Duncan ( $P=0.1$ ).

#### 4.1.1.5 .Aspersiones químicas y días a cosecha

El azufre sublimado aplicado cada 24 horas, brindó la misma protección al cultivo para *S. fulginea*, comparado con el control químico con Cobre (3,750 g/ha), pero ayudó en el control de ácaros comparado con el control químico Vertimec (400 cc/ha). Los días a cosecha y su intervalo fueron más cortos (cuadro 8).

**Cuadro 8.** Productos químicos usados en el ensayo y días a cosecha.

Tratamiento	Número de aspersiones químicas		Azufre Kg/ha	Días cosecha	
	Acaros	Oidium		Inicial	Final
Testigo	1	2	0	58	70
Sublimación	0	0	39.2	55	68

Se pudo constatar visualmente que las plantas con el tratamiento con sublimación, tenían un crecimiento más reducido, el follaje mostraba un color pálido casi amarillento, las hojas presentaban una tendencia a marchitarse fácilmente en especial en el momento de fructificación, esto se le atribuye a la presencia de nematodos que atacaron el sistema radicular de las plantas de melón, por lo que las diferencias encontradas estadísticamente (cuadro 4, 5, 6 y 7) no las podemos atribuir como efecto del sublimado de azufre, por lo que se decidió analizar los tratamientos por separado y para ello se utilizó una prueba t con la hipótesis de que el efecto de *T. harzianum* es mejor que el testigo a una  $P = 0.1$ .

#### 4.1.2 Con nematodos

##### 4.1.2.1 Grados Brix, severidad de nematodos y frutos por planta

La aplicación de *T. harzianum* en sustratos con nematodos redujo la severidad del ataque en las raíces en 64% ( $P=0.0001$ ), aumentó los grados brix en 0.6 ( $P=0.001$ ) y además incrementó el número de frutos por planta en 4.7% ( $P=0.03$ ) (cuadro 9).

En un ensayo realizado por Herrera, (1995) encontró que *T.harzianum* ayuda al control de nematodos del género *Meloidogyne* sp. sirviendo como alternativa en la sustitución del bromuro de metilo involucrando actividades de manejo integrado del cultivo, como solarización y utilización de hongos antagónicos a fitopatógenos de suelo y así obtener un mayor porcentaje de plantas sanas y menor número de nódulos

**Cuadro 9.** Efecto de los grados Brix, severidad de nematodos y frutos por planta con *T. harzianum* en presencia de nematodos en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Severidad de nematodos	Brix	Frutos/Planta
<i>T. harzianum</i>	1.1*	10.99*	1.54*
Testigo	2.9	10.32	1.47
P=	0.0001	0.001	0.03

\* *T. harzianum* estadísticamente mejor que el testigo, Prueba t,1, a 0.1

#### 4.1.2.2 Rendimiento

Los kg/ha comerciales y total no se encontró ninguna diferencia estadística (cuadro 10).

**Cuadro 10.** Efecto del rendimiento en peso (kg/ha) con *T. harzianum* en presencia de nematodos en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Kg/ha		
	Comercial	% Comercial	Totales
<i>T. harzianum</i>	24,630	75	32,031
Testigo	21,857	71	30,532
P=	0.14	0.11	0.21

\* *T. harzianum* estadísticamente mejor que el testigo, Prueba t,1, a 0.1

#### 4.1.2.3 Número de frutos/ha

El número de frutos/ha tanto comerciales, porcentaje comercial y total no se encontró ninguna diferencia estadística (cuadro 11).

**Cuadro 11.** Efecto en el número de frutos/ha con de *T. harzianum* en presencia de nematodos, en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Número de Frutos/ha		
	Comerciales	% Comercial	Total
<i>T. harzianum</i>	18,540	63.1	29,333.3
Testigo	17,802	60.0	28,964.3
P=	0.30	0.27	0.36

\* *T. harzianum* estadísticamente mejor que el testigo, Prueba t,1, a 0.1

#### 4.1.2.4 Peso promedio por fruto

El peso promedio no comercial disminuyó en 11% (P=0.02) y no se encontró diferencia estadística en el peso promedio comercial y total (cuadro 12).

**Cuadro 12.** Efecto en el peso promedio por fruto (g) con *T. harzianum* en presencia de nematodos en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Peso Promedio (g) Frutos		
	Comercial	No Comercial	Totales
<i>T. harzianum</i>	1,334	710*	1,096
Testigo	1,236	789	1,055
P=	0.16	0.02	0.24

\* *T. harzianum* estadísticamente mejor que el testigo, Prueba t,1, a 0.1

En las variables que no existieron diferencias estadísticas, se tuvo una tendencia a favor del tratamiento con *T. harzianum* (cuadro 10, 11 y 12).

Por lo que se concluye que plantas inoculadas con *T. harzianum*, tuvieron una menor severidad en su sistema radicular por el ataque de nematodos. Esto se puede deber a que *T. harzianum* crece con las raíces formando una especie de guante, que protege a las raíces de infecciones secundarias, y no permitió que los hongos patógenos ni nematodos tuvieran acceso (CDA, 2002)

#### 4.1.3 Sin nematodos

##### 4.1.3.1 Grados Brix, severidad de nematodos y frutos por planta

En el invernadero donde no se presentó el ataque de nematodos se observó que la inoculación de *T. harzianum* incrementó grados brix en 0.7 (P=0.01), aumentó el número de frutos por planta en 4.7% (P=0.02) (cuadro 13).

**Cuadro 13.** Efecto en los grados Brix, severidad de nematodos y frutos por planta con *T. harzianum* en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Severidad de nematodos	Brix	Frutos/Planta
<i>T. harzianum</i>	0	11.06*	1.55*
Testigo	0	10.41	1.48
P=	0	0.01	0.02

\* *T. harzianum* estadísticamente mejor que el testigo, Prueba t,1, a 0.1

##### 4.1.3.2 Rendimiento

Los kg/ha comerciales y totales no existieron diferencias estadísticas (cuadro 14).

**Cuadro 14.** Efecto en el rendimiento en peso (kg/ha) con *T. harzianum* en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Kg/ha		Totales
	Comercial	% Comercial	
<i>T. harzianum</i>	29,891	80*	37,150
Testigo	27,465	76	35,744
P=	0.12	0.05	0.24

\* *T. harzianum* estadísticamente mejor que el testigo, Prueba t,1, a 0.1

##### 4.1.3.3 Número de frutos/ha

Para el número de frutos por planta tanto comerciales, totales y porcentaje comercial, no se encontró diferencias estadísticas (cuadro 15).

**Cuadro 15.** Efecto en el número de frutos/ha con *T. harzianum* en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Número de Frutos/ha		
	Comerciales	% Comercial	Total
<i>T. harzianum</i>	23,106.9 a	67.7 a	34,222 a
Testigo	22,276.7 a	67.2 a	32,930 a
P=	0.31	0.43	0.29

\* *T. harzianum* estadísticamente mejor que el testigo, Prueba t,1, a 0.1

#### 4.1.3.4 Peso promedio por fruto

Para el peso promedio por fruto aumentó el peso de los frutos comerciales en 4.8% (P=0.05), disminuyó el peso de frutos no comerciales en 15.2% (P=0.04) y para el peso promedio total no existió diferencia estadística (cuadro 16).

**Cuadro 16.** Efecto en el peso promedio por fruto con *T. harzianum* en melón, bajo invernadero.

Tratamiento	Peso Promedio (g) Frutos		
	Comercial	No Comercial	Totales
<i>T. harzianum</i>	1,296*	675*	1,089
Testigo	1,237	778	1,088
P=	0.05	0.04	0.47

\* *T. harzianum* estadísticamente mejor que el testigo, Prueba t,1, a 0.1

En las variables que no existieron diferencias estadísticas, se tuvo una tendencia a favor del tratamiento con *T. harzianum* (cuadro 14 y 15).

Estos resultados se pueden explicar ya que *T. harzianum* actúa como un bioestimulante que aumenta el desarrollo de la masa radicular debido a la secreción de fitohormonas y el mejoramiento en la asimilación de nutrientes por la solubilización de fósforo y zinc (Iabiotec, 2003).

## 4.2 ANALISIS ECONOMICOS

### 4.2.1 Sublimación

Los costos totales asociados con la utilización del tratamiento sublimación de azufre resultaron superiores en 1.68% al compararlo con los costos totales del testigo pese a que existió una disminución de los costos variables en 2.34% (disminución de 2.2% en la utilización de insumos y disminución de 0.19% de mano de obra), los costos fijos (equipo de sublimación) aumentaron en 4.07% por concepto de instalación del sistema eléctrico necesario para el sublimado de azufre (cuadro 17).

El tratamiento sublimación con azufre redujo el ingreso neto en un 29.07% al compararlo con el testigo debido a que el rendimiento disminuyó 20.43% y el costo aumentó en 1.68% resultando en una tasa de retorno marginal dominada (cuadro 18 y 19).

Los costos comunes pueden verse en el anexo 3

**Cuadro 17.** Costo del cultivo con sublimación contra el testigo.

	<b>Sublimación (US\$)</b>	<b>Testigo (US\$)</b>	<b>Difer (US\$)</b>	<b>%</b>
<b>Invernaderos y riego</b>	1,296.79	1,296.79	0.00	
<b>Maquinaria</b>	99.36	99.36	0.00	
<b>Insumos</b>	1,801.05	1,911.67	-110.63	-2.20%
<b>Mano de Obra</b>	1,714.08	1,723.42	-9.33	-0.19%
<b>Equipo de sublimación</b>	204.73	0.00	204.73	4.07%
<b>Total</b>	5,116.01	5,031.24	84.77	1.68%
<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	20,308.92	25,523.35	-5,214.43	-20.43%
<b>Precio de venta</b>	0.26	0.26	0.00	
<b>Ingreso Bruto</b>	5,350.85	6,724.72	-1,373.86	
<b>Ingreso neto</b>	234.84	1,693.48	-1,458.64	
<b>Rentabilidad</b>	4.59%	33.66%	-29	

Tasa de cambio : 16.7 Lps/US\$

**Cuadro 18.** Presupuesto parcial con sublimación contra testigo.

<b>Tratamiento</b>	<b>Rendimiento Comercial (kg/ha)</b>	<b>Rendimiento comercial ajustado (kg/ha)</b>	<b>Beneficio bruto US\$</b>	<b>Costo diferencial (US\$)</b>	<b>Beneficio neto diferencial (US\$)</b>
Sublimación	28,359.28	25,523.35	6,620.98	405.46	6,215.52
Testigo	22,565.47	20,308.92	5,268.31	508.59	4,759.72

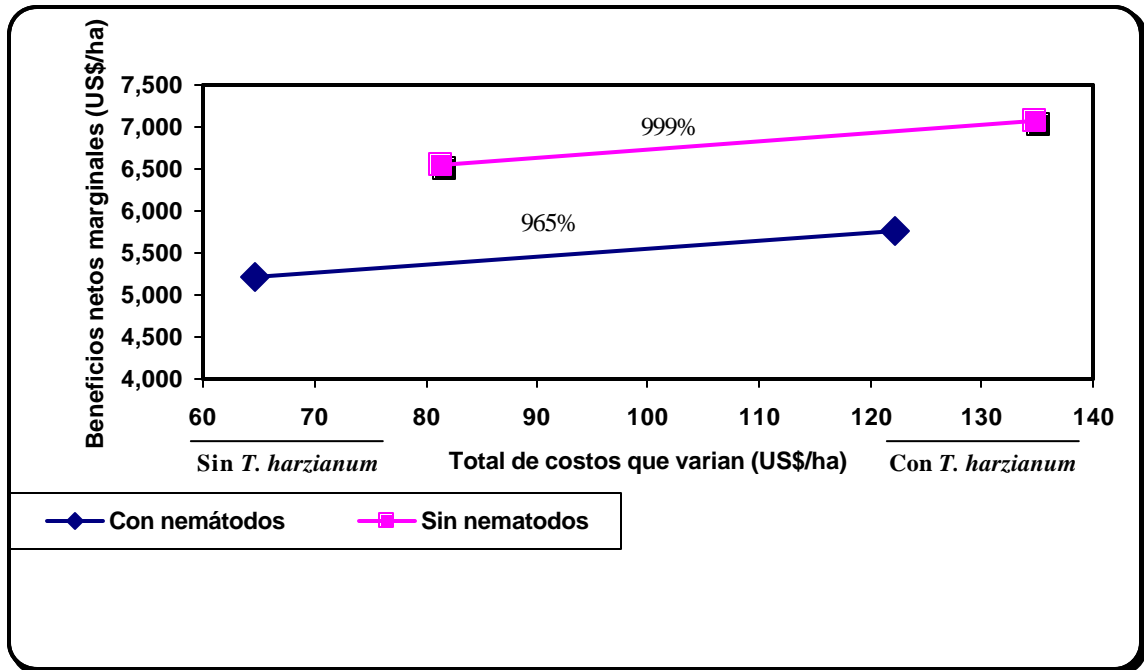
Tasa de cambio: 16.7 Lps/US\$

**Cuadro 19.** Tasa de retorno marginal sublimación contra testigo

Tratamientos	Costos que varían	Costos marginales	Beneficio netos	Beneficios netos marginales	Análisis de Dominancia	Tasa de retorno marginal (%)
Testigo	405.46		6,215.52			
Sublimación	508.59	103.13	5,268.31	-947.21	Dominado	

**4.2.2 Con y sin nematodos**

Las aplicaciones de *T. harzianum* aumentaron el rendimiento de melón al compararlo con el testigo tal como lo muestra la figura 2. En la figura 2 muestra el efecto de la aplicación de *T. harzianum* en el ingreso marginal en invernadero con presencia nematodos en donde el incremento fue de 10.13% al compararlo con el testigo y en invernadero sin presencia de nematodos en donde el incremento fue de 8.7%, en ambos casos el ingreso marginal obtenido fue superior al del testigo por efecto del rendimiento, sin embargo, en el invernadero que no hubo presencia de nematodos el rendimiento fue superior al invernadero que tubo presencia de nematodos (cuadro 20).



**Figura 2.** Curva de beneficios netos marginales

**Cuadro 20.** Presupuesto parcial de *T. harzianum* con y sin presencia de nematodos.

Tratamiento		Rendimiento Comercial (kg/ha)	Rendimiento comercial ajustado (kg/ha)	Beneficio bruto US\$	Costo diferencial (US\$)	Beneficio neto diferencial (US\$)
Sin nematodos	sin <i>T. harzianum</i>	28,359.28	25,523.35	6,620.98	81.37	6,539.61
Sin nematodos	con <i>T. harzianum</i>	30,862.85	27,776.57	7,205.49	134.55	7,070.93
Con nematodos	sin <i>T. harzianum</i>	22,565.47	20,308.92	5,268.31	64.75	5,203.57
Con nematodos	con <i>T. harzianum</i>	25,190.00	22,671.00	5,881.06	122.29	5,758.77

Tasa de cambio: 16.7 Lps/US\$

**Cuadro 21.** Análisis retorno marginal de *T. harzianum* con y sin presencia de nematodos.

Tratamientos	Costos que varían	Costos marginales	Beneficio netos	Beneficios netos marginales	Análisis de Dominancia	Tasa de retorno marginal (%)
Sin Nemátodos	Testigo	81.37	6,539.61			
	<i>T. harzianum</i>	134.55	7,070.93	531.32	Dominante	999.03

Tratamientos	Costos que varían	Costos marginales	Beneficio netos	Beneficios netos marginales	Análisis de Dominancia	Tasa de retorno marginal (%)
Con Nemátodos	Testigo	64.75	5,203.57			
	<i>T. harzianum</i>	122.29	5,758.77	555.20	Dominante	964.79

Tasa de cambio 16.7 Lps/US\$

#### 4.2.2.1 Análisis de sensibilidad

##### Tasa de Retorno Marginal

Para los escenarios pesimista, esperado y optimista mostrados en el cuadro 22, se tomó como variable dependiente el precio del kg de melón para determinar la tasa de retorno marginal. Los precios utilizados fueron de US\$ 0.06, 0.26 y 0.33 respectivamente.

**Cuadro 22.** Análisis de sensibilidad de la tasa de retorno marginal para el uso de *T. harzianum* con los datos de cada tratamiento en los diferentes escenarios.

TRATAMIENTOS		TASA DE RETORNO MARGINAL (%)		
		PESIMISTA <sup>1</sup>	ESPERADO <sup>2</sup>	OPTIMISTA <sup>3</sup>
Sin Nemátodos	<i>T. harzianum</i>	133	999	1355
Con Nemátodos	<i>T. harzianum</i>	125	965	1309

<sup>1</sup> Precio de venta US\$ 0.06/ha; ajuste rendimiento 0.8

<sup>2</sup> Precio de venta US\$ 0.26/ha; ajuste rendimiento 0.9

<sup>3</sup> Precio de venta US\$ 0.33/ha; ajuste rendimiento 0.95

La tasa de retorno marginal en el escenario esperado el tratamiento donde no existió nematodos y se colocó *T. harzianum* fue el dominante, con la cual se obtuvo una tasa de 999%. Esto quiere decir que por cada US\$ 1.00 invertido en el cambio de esta tecnología, se recupera el US\$ 1.00 más US\$ 9.9/ha. Cuando existe la presencia de nematodos en las raíces y se colocó *T. harzianum* fue el tratamiento dominante, en el cual la tasa fue de 965% (cuadro 22). Lo que quiere decir que por cada US\$ 1.00 invertido en el cambio de esta tecnología, se recupera el US\$ 1.00 más US\$ 9.65 /ha, en los escenarios pesimista y optimista las tasas de retorno marginales son positivas. Lo que el cambio de tecnología en cualquiera de los escenarios vale la pena económicamente hacerlo.

### **Análisis de Costo Beneficio del cultivo**

En el cuadro 23 podemos apreciar de los análisis de beneficio/costo las utilidades estimadas de cada tratamiento, en el caso de escenario esperado la aplicación de *T. harzianum* en un medio sin nematodos se obtuvo las mayores utilidades que el testigo en 33%, y mientras donde las raíces del melón fueron atacadas por nematodos y existía *T. harzianum* las utilidades fueron mayores que el testigo en 88%. En el escenario pesimista las utilidades fueron negativas lo que quiere decir que si la producción coincide con esa época donde las meloneras del sur tienen producción, el productor melonero irá a la quiebra.

**Cuadro 23.** Análisis de sensibilidad beneficio/costo para los tratamientos testigo y *T. harzianum* en escenarios con y sin presencia de nematodos.

Tratamientos		UTILIDADES USD		
		PESIMISTA <sup>1</sup>	ESPERADO <sup>2</sup>	OPTIMISTA <sup>3</sup>
Sin Nematodos	Testigo	-3,536	1,693	3,841
	<i>T. harzianum</i>	-3,427	2,264	4,602
Con Nematodos	Testigo	-3,722	482	2,148
	<i>T. harzianum</i>	-3,629	1,390	2,924

Tasa de cambio 16.7 Lps/US\$

<sup>1</sup> Precio de venta US\$ 0.06/ha; ajuste rendimiento 0.8

<sup>2</sup> Precio de venta US\$ 0.26/ha; ajuste rendimiento 0.9

<sup>3</sup> Precio de venta US\$ 0.33/ha; ajuste rendimiento 0.95

### Análisis de Rentabilidad del cultivo

**Cuadro 24.** Rentabilidad esperada del cultivo (US\$/ha)

Tratamientos		Rendimiento Ajustado (kg/ha)	Precio kg	Ingreso Bruto	Costo Total	Utilidad	Rentabilidad (%)
Sin Nematodos	Testigo	25,523	0.26	6,724.72	5,031.24	1,693.48	34
	<i>T. harzianum</i>	27,777	0.26	7,318.38	5,053.59	2,264.79	45
Con Nematodos	Testigo	20,309	0.26	5,350.85	4,868.83	482.03	10
	<i>T. harzianum</i>	23,931	0.26	6,305.04	4,914.83	1,390.21	28

Tasa de cambio 16.7 Lps/US\$

En el cuadro 25 donde se presenta los análisis de rentabilidad de costos se aprecia que para los escenarios esperado y optimista los tratamientos que recibieron *T. harzianum* independiente que tuvieran nematodos o no la rentabilidad fue mejor a los testigos en 11.16%, y 18%. En el escenario pesimista las rentabilidades fueron negativas. Además se observa que en los escenarios esperado (menos el testigo de nematodos) y optimista, los tratamientos superan la tasa de interés activa del banco (30% en Lempiras y 12% en dólares), pero siempre la aplicación de *T. harzianum* supera a todos los tratamientos.

**Cuadro 25.** Análisis de Rentabilidad de Costos obtenidos con los datos de cada tratamiento en los diferentes escenarios.

Tratamientos		RENTABILIDAD %		
		PESIMISTA	ESPERADO	OPTIMISTA
Sin Nematodos	Testigo	-70	33	76
	<i>T. harzianum</i>	-67	44	91
Con Nematodos	Testigo	-75	9	45
	<i>T. harzianum</i>	-72	28	60

## 5. CONCLUSIONES

En condiciones de baja presión de Oidium como las del experimento, el uso de azufre sublimado reduce las aplicaciones para control preventivo de oidium y ácaros,

El uso de azufre sublimado no causa fitotoxicidad, no afecta a los insectos polinizadores (*A. mellifera*), reduce los días a cosecha y su intervalo.

La inoculación con *T. harzianum* en sustrato con nematodos redujo el daño de raíces, incrementó el número de frutos por planta y mejoró los grados Brix.

*T. harzianum* en sustratos sin nematodos aumentó el número de frutos por planta, mejoró los grados Brix y aumentó el peso por frutos comercial.

La aplicación de *T. harzianum* en sustrato sin nematodos alcanzó la máxima utilidad por ciclo (2,264 US\$/ha) con una rentabilidad de 44% y una tasa de retorno marginal de 999%.

La utilización de *T. harzianum* aumenta la productividad y ganancias del productor melonero en invernadero.

## **6. RECOMENDACIONES**

Repetir el experimento de azufre sublimado cuando las condiciones climáticas sean las adecuadas para *S. fuliginea*.

Realizar un muestreo de nematodos previa la siembra de un nuevo cultivo.

Aplicar *T. harzianun* en las bandejas de semillero en melón y en las bolsas plásticas al momento de ser sembradas y transplanta a una dosis de 500 g/ha.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Alarcón, A. 2000. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Ediciones Novedades Agrícolas. Murcia, España. 460p.

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Ed. Rev. CIMMYT México. 79p.

CDA (Centro de Desarrollo de Agronegocios). 2002. Fintrac. Monthly summaries, success stories, technical bulletins, market information, market surveys. 1 disco compacto, 8 mm.

Cruz, M. 1998. Informe agropecuario bioleche INIA Quilamapu. Gobierno de Chile Ministerio de Agricultura, Chile. 5p.

Danielson, R.; Davey, C. 1973. Non nutritional factors affecting the growth of *Trichoderma* in culture. *Soil Biology & Biochemistry* 5(5): 495-504.

Eppo. 1997. Guidelines for the efficacy evaluation of plant protection products. European and Mediterranean plant protection organization. París, France. 81-84p.

Gamayo, J. 1991. Cultivo del Melón en Invernadero. Ediciones de la Consejería de Agricultura y Pesca. Valencia, España. 116p.

García, J. 1997. Enfermedades del melón causadas por hongos y nematodos. Melones. Barcelona, España. 131-139p.

Giaconi, V; Escaff, M. 1997. Cultivo de hortalizas. 12 ed. Editorial Univesitaria, S.A. Santiago, Chile. 336p.

Herrera, F. 1995. Seminario de solarización. Costa Rica (en línea). Consultado 10 ene. 2003. Disponible en [www.fao.org/waicent/fainfo/agricult/agp/agpp/ipm/web\\_Brom/Sol\\_Al.pdf](http://www.fao.org/waicent/fainfo/agricult/agp/agpp/ipm/web_Brom/Sol_Al.pdf).

Iabiotec. 2003. *Trichoderma harzianum* (en línea). Valencia, España. Consultado 20 mar. 2003. Disponible en [http://www.iabiotec.com/trichod\\_tecnica.htm#composicion](http://www.iabiotec.com/trichod_tecnica.htm#composicion)

Lewinz, J.; Papaviza, C. 1991. Biocontrol of plant disease. In the approach for tomorrow. *Crop Protection* 10: 95-105.

MINITAB<sup>®</sup>. 1999. Minitab statistical software for Windows<sup>®</sup>, Minitab Inc, USA.

Petoseed. 1989. Híbrido 'Hy Mark'. Boletín técnico. Petoseed Co. California, USA. 4p.

Salazar, J. 1992. Principales enfermedades del cultivo de melón en Costa Rica. Memoria del IV taller Centroamericano de fitoprotección en cucurbitáceas en Managua, Nicaragua. 25-38p.

SAS Institute. 1999. SAS<sup>®</sup> user guide: statistical versión 6.8 Edition. SAS Institute Inc., Carry, N.Y.

Terranova. 2001. Producción agrícola 1. *In* Enciclopedia Agropecuaria. 2 ed. Bogotá, Colombia. Terranova Editores, Ltda. 248p.

Universidad de Zulia. 2003 *Trichoderma* spp en el control biológico de enfermedades de plantas (en línea). Consultado 6 feb. 2003. Disponible en <http://www.geocities.com/ecologialuz/trichoderma4.htm>

## **8. ANEXOS**

## ANEXO 1 Control fitosanitario realizado en el ciclo del cultivo

## Control fitosanitario realizado en el ciclo de cultivo

## MACROTÚNEL D

Parcela 923

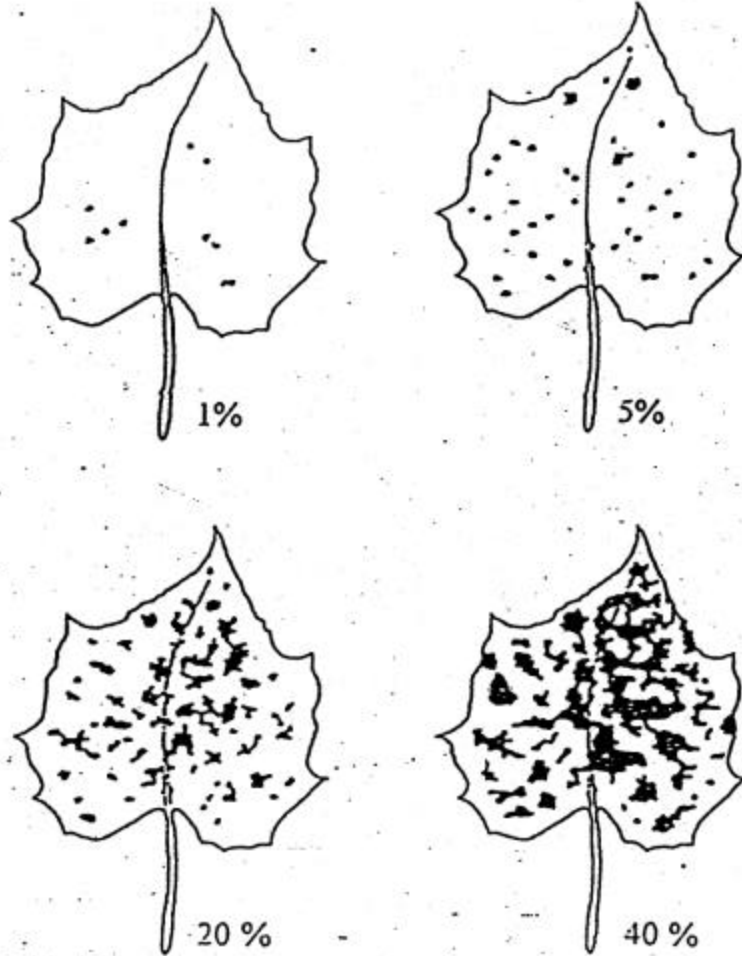
Fecha	Etapas Fenológicas	Problema Fitosanitario	# de litros	Total de Horas Hombre (min)	Producto 1	Dosis /g/cc	Producto 2	Dosis cc
29-08-03	Crecimiento Vegetativo	Trips	16	25	Verticilium	40		
31-08-03	Crecimiento Vegetativo	Trips, Mosca Blanca,	16	25	Basudin	32	Adherente	16
05-09-03	Crecimiento Vegetativo	Mosca Blanca	32	50	Neem	128		
30-09-03	Frutificación	Afidos	48	70	Talcord	48	Adherente	48
02-10-03	Frutificación	Afidos	80	78	Evisect	120		
08-10-03	Frutificación	Afidos	60	75	Talcord	60		
15-10-03	Frutificación	Afidos	42	78	Evisect	42	Adherente	42

## MACROTÚNEL F

Parcela 924

Fecha	Etapas Fenológicas	Problema Fitosanitario	# de litros	Total de Horas Hombre (min)	Producto 1	Dosis /g/cc	Producto 2	Dosis cc
29-08-03	Crecimiento Vegetativo	Trips	16	25	Verticilium	40		
31-08-03	Crecimiento Vegetativo	Trips, Mosca Blanca, Spodoptera	16	25	Basudin	32	Adherente	16
05-09-03	Crecimiento Vegetativo	Mosca Blanca, Spodoptera	32	50	Neem	128	Kentory	64
10-09-03	Crecimiento Vegetativo	Acaros	32	50	Vertimec	32	Adherente	32
02-10-03	Frutificación	Afidos	80	78	Evisect	120		
08-10-03	Frutificación	Mildew Polvoso, Afidos	60	75	Cobre	300	Talcor	60
15-10-03	Frutificación	Afidos	58	78	Evisect	58	Adherente	58
17-10-03	Frutificación	Mildew Polvoso, Afidos	48	75	Cobre	240	Jabón	1000

**ANEXO 2** Porcentaje de infección del área foliar.



Fuente: Eppo.1997.

## Anexo 3. Costos comunes (US\$/ha)

	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total	%
<b>Infraestructura</b>				<b>1,296.79</b>	28
Invernadero*	71.00	día	18.26	1,296.79	
<b>Maquinaria y equipo</b>				<b>99.36</b>	2
Acarreo de medio**	56.67	Hora	0.90	50.90	
Manguera de riego***	4,444.44	m	0.00	14.98	
Microtubos***	13,333.33	m	0.00	29.57	
Válvulas***	10.00	unidad	0.39	3.90	
<b>Insumos</b>				<b>1,639.65</b>	35
Plástico negro**	5,300.00	m2	0.03	180.55	
Bolsas plásticas**	22,222.22	unidad	0.01	124.20	
Postes**	711.00	unidad	0.17	118.26	
Pie de amigo**	267.00	unidad	0.10	26.65	
Reglas**	711.00	unidad	0.03	23.65	
Tensores**	222.00	unidad	0.16	35.45	
Soga plástica**	44,444.44	m	0.00	16.26	
Alambre**	9,000.00	m	0.01	74.97	
Casulla de arroz**	120.00	m3	0.86	103.79	
Plántulas	23,391.80	unidad	0.01	210.11	
Agua	2,700.00	m3	0.05	135.81	
Urea	467.00	Kg	0.20	92.28	
Map	98.00	Kg	1.32	129.10	
Melaza	1.50	lit	0.07	0.10	
Potasio	250.00	Kg	0.86	214.07	
Colmena	7.00	unidad	17.96	125.75	
Verticilium	500.00	g	0.05	23.17	
Basudin	380.95	cc	0.01	5.47	
<b>Mano de obra</b>				<b>1,644.27</b>	35
Preparación de camas****	656.00	Hora	0.04	28.59	
Emplastado**	67.00	Hora	0.09	5.84	
Instalación de riego***	156.00	Hora	0.06	9.06	
Drenajes	100.00	Hora	0.78	78.44	
Llenado y colocación de bolsas**	1,378.00	Hora	0.09	120.11	
Mulch de casulla**	156.00	Hora	0.09	13.60	
Transplante	80.00	Hora	0.78	62.75	
Posteado y alambrado**	267.00	Hora	0.09	23.27	
Tutoreo (guiar planta, amarrar fruto)	893.00	Hora	0.78	700.50	
Poda	581.00	Hora	0.78	455.75	
Aspersiones	78.57	Hora	0.78	61.63	
Fertirrigación	41.00	Hora	0.78	32.16	
Control de malezas	11.00	Hora	0.78	8.63	
Eliminación Cultivo	56.00	Hora	0.78	43.93	
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>4,680.06</b>	100
* Depreciación 40 ciclos, valor residual 16,700 lempiras					
** Depreciación 8 ciclos					
*** Depreciación 12 ciclos					
**** Depreciación 16 ciclos					
1 año = 4,5 ciclos					
Tasa de cambio 16.70 Lps./US\$ 1					

**Anexo 4. Costos variables Sublimación (US\$/ha)****Tasa de cambio: 16.7 Lps/US\$**

SUBLIMACION					TESTIGO				
Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total	%	Cantidad	Unidad	Precio Uni.	Precio Total	%
<b>Insumos</b>			<b>161.400</b>	<b>32</b>	<b>Insumos</b>			<b>253.125</b>	<b>62</b>
Cinta aislante temflex	47.610	rollos	0.472	22.494	Verticillium	476.190	g	0.774	22.070
Electricidad	120.750	Kw	0.074	8.966	Basudin	380.952	cc	0.240	5.475
Neem X	1.523.800	g	0.001	0.912	Evisect	2.119.048	cc	0.700	88.822
Talcord	1.285.710	cc	0.026	33.875	Cobre	6.428.571	g	0.069	26.561
Evisect	1.928.570	cc	0.042	80.838	Adherente	1.261.905	cc	0.044	3.325
Adherente	1.261.900	cc	0.003	3.325	Xentary	761.905	g	0.680	31.024
Azufre Micronizado	54.950	Kg	0.200	10.990	Talcord	714.286	cc	0.440	18.820
					Jabón	11.904.762	cc	0.080	57.029
<b>Mano de obra</b>			<b>142.460</b>	<b>28</b>	<b>Mano de obra</b>			<b>152.338</b>	<b>38</b>
Aspersiones	78.570	Hora	0.784	61.633	Aplicaciones	90.470	Hora	13.100	70.967
Cosecha Ajustada	82.540	Hora	0.784	64.747	Cosecha	103.732	Hora	13.100	81.371
Colocacion de azufre	20.500	Hora	0.784	16.081					
<b>Costos fijos/ciclo</b>			<b>204.734</b>	<b>40</b>					
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>508.595</b>	<b>100</b>	<b>COSTO TOTAL</b>			<b>405.464</b>	<b>100</b>

