

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

CONTROL BIOLÓGICO DE *Fusarium* spp. EN BERENJENA UTILIZANDO
Trichoderma harzianum Y *Bacillus subtilis*; OCÓS, SAN MARCOS

TESIS DE GRADO

BYRON ABEL SANTEMA
CARNET 20616-08

COATEPEQUE, MARZO DE 2015
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

CONTROL BIOLÓGICO DE *Fusarium* spp. EN BERENJENA UTILIZANDO
Trichoderma harzianum Y *Bacillus subtilis*; OCÓS, SAN MARCOS

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

BYRON ABEL SANTEMA

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, MARZO DE 2015
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. RAUL ESTUARDO HIDALGO PAZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. MARTIN SALVADOR SANCHEZ CRUZ

ING. JACINTA IMELDA MÉNDEZ GARCÍA

LIC. ABEL ESTUARDO SOLÍS ARRIOLA

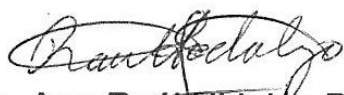
Coatepeque, 3 de Marzo de 2015

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante Byron Abel Santema, que se identifica con carné 2061608, titulado: **“CONTROL BIOLÓGICO DE *Fusarium* spp. EN BERENJENA UTILIZANDO *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis*, OCÓS, SAN MARCOS”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,


Ing. Agr. Raúl Hidalgo Paz
Colegiado No. 1289
Asesor



Universidad
Rafael Landívar

Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06258-2015

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante BYRON ABEL SANTEMA, Carnet 20616-08 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 067-2015 de fecha 19 de febrero de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

CONTROL BIOLÓGICO DE *Fusarium* spp. EN BERENJENA UTILIZANDO
Trichoderma harzianum Y *Bacillus subtilis*; OCÓS, SAN MARCOS

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 10 días del mes de marzo del año 2015.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, por su infinita bondad y misericordia, proporcionándome la sabiduría para lograr cumplir tan anhelado sueño.

Mi madre Consuelo Santema, por tu amor y apoyo incondicional.

Mis tíos Fredy y Leandro, por el apoyo brindado durante toda mi formación académica.

Evelin Ivon Carreto Santizo, por el apoyo y compañía brindada.

La familia Sopón López por la confianza y ayuda brindada en la realización de esta investigación.

Sr. Efraín Albillo, por su colaboración en la realización de esta investigación.

Ing. Raúl Estuardo Hidalgo Paz, por la asesoría y revisión de este trabajo.

Ing. Leonel Alfonso Solís, por su colaboración y apoyo.

Ing. Abel Estuardo Solís Arreola, por su apoyo y asesoría.

MGTR. Martín Salvador Sánchez Cruz, por su ayuda y asesoría.

La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la Universidad Rafael Landívar, Sede Coatepeque.

DEDICATORIA

A:

Dios: por su inmenso amor y misericordia que me han acompañado en todo momento de mi vida.

Mi madre: Vicenta Consuelo Santema, por tu amor y apoyo incondicional, por enseñarme con valor y ejemplo a seguir adelante a pesar de las circunstancias adversas.

Mamá Migue: Por su apoyo y consejos en todo momento.

Mis tíos: Leandro, Fredy, Geovany (Q.E.P.D.), Vero, Epifanía, Lucio y Julia, con aprecio y cariño.

Mis primos: Urbano, Nixon, Chusito, Gaby, Hermán (Q.E.P.D.), Caro, Vicky, Tala, Quique, Juan, Antony, Miguel, Emilio, Por su amistad, apoyo mostrado, consejos y buenos momentos.

Mis peques: Gabrielito, Aura, Melany, Alex, Katy, Nicolle y Natasha, con especial cariño para ustedes, son una bendición.

La familia Carreto Santizo: En especial a Ivon, José, Ligia y Jonás, por su apoyo en cada momento.

Mis amigos: Por el compañerismo y amistad mostrada, siempre formaran parte de mis recuerdos.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	2
2.1 Taxonomía de la berenjena	2
2.2 Descripción botánica de la berenjena	2
2.3 Propiedades nutricionales	3
2.4 Exigencias de clima y suelo	3
2.5 Variedades	4
2.5.1 Berenjena hindú	4
2.6 Plagas asociadas a berenjena en Guatemala	5
2.7 Enfermedades asociadas a berenjena en Guatemala	5
2.8 Hongos fitopatógenos	5
2.9 Fusariosis vascular por (<i>Fusarium</i> spp.)	7
2.10 Control biológico	9
2.10.1 Género (<i>Trichoderma</i>)	11
a) RootShield® WP	12
2.10.2 Género (<i>Bacillus</i>)	13
a) Subsol 0,08® SC	13
2.10.3 Antecedentes del uso de (<i>Trichoderma</i> sp.) y (<i>Bacillus</i> sp.) para control biológico	14
III. JUSTIFICACION DEL TRABAJO	16
3.1 Definición del problema	16
3.2 Justificación de la investigación	17
IV.OBJETIVOS	18
4.1 General	18
4.2 Específicos	18
V. HIPOTESIS	19
VI.MATERIALES Y METODOS	20
6.1 Localización del trabajo	20
6.1.1 Ubicación geográfica	20
6.1.2 Condiciones climáticas	20

6.1.3 Suelos	20
6.2 Material experimental	21
6.2.1 Berenjena hindú	21
6.2.2 Productos de control biológico de (<i>Fusarium</i> spp.)	21
6.3 Factor a estudiar	21
6.4 Descripción de los tratamientos	21
6.4.1 Tratamiento 1	21
6.4.2 Tratamiento 2	22
6.4.3 Tratamiento 3	22
6.5 Diseño experimental	22
6.5.2 Modelo estadístico	22
6.6 Unidad experimental	23
6.7 Croquis de campo	23
6.8 Manejo del experimento	24
6.8.1 Preparación del terreno	24
6.8.2 Riego	24
6.8.3 Trasplante	24
6.8.4 Control de malezas	24
6.8.5 Fertilización	24
6.8.6 Tutorado	25
6.8.7 Podas de saneo	25
6.8.8 Control fitosanitario	26
6.8.9 Cosecha	26
6.8.10. Fase de laboratorio	27
6.9 Variables respuesta	27
6.10 Análisis de la información	28
6.10.1 Análisis estadístico	28
6.10.2 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE	28
6.10.3 Correlación y modelo de regresión lineal del rendimiento (kg/ha) vs incidencia	29
6.10.4 Análisis económico	29
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	30
7.1 Incidencia de (<i>Fusarium</i> spp.)	30
7.2 Eficacia de los biocontroladores	32

7.3 Rendimiento en kg/ha	34
7.4 Análisis de regresión y coeficiente de correlación de Pearson	37
7.4.1 Rendimiento vs Incidencia del tratamiento (<i>Trichoderma harzianum</i>).	37
7.4.2 Rendimiento vs eficacia del tratamiento (<i>Trichoderma harzianum</i>)	38
7.4.3 Rendimiento vs Incidencia del tratamiento (<i>Bacillus subtilis</i>)	39
7.4.4 Rendimiento vs Eficacia del tratamiento (<i>Bacillus subtilis</i>)	40
7.4.5 Rendimiento vs Incidencia de testigo.	41
7.5 Área Bajo La Curva Del Progreso de la Enfermedad -ABCPE- de (<i>Fusarium</i>)	42
7.6 Análisis económico	44
VIII. CONCLUSIONES	46
IX.RECOMENDACIONES	47
X. BIBLIOGRAFIA	48
ANEXOS	52

INDICE DE CUADROS

	Página
1: Propiedades nutricionales del fruto	3
2: Tratamientos a evaluar	21
3: Fertilizantes utilizados en el cultivo de berenjena	25
4: Control fitosanitario de plagas en el cultivo de berenjena	26
5. Análisis de varianza de la variable incidencia utilizando (<i>Trichoderma harzianum</i>) y (<i>Bacillus subtilis</i>) para el control de (<i>Fusarium</i> spp.)	30
6. Prueba de Tukey de la variable incidencia utilizando (<i>Trichoderma harzianum</i>) y (<i>Bacillus subtilis</i>) para el control de (<i>Fusarium</i> spp.)	30
7. Análisis de varianza de la variable eficacia utilizando (<i>Trichoderma harzianum</i>) y (<i>Bacillus subtilis</i>) para el control de (<i>Fusarium</i> spp.)	32
8. Prueba de Tukey de la variable eficacia utilizando (<i>Trichoderma harzianum</i>) y (<i>Bacillus subtilis</i>) para el control de (<i>Fusarium</i> spp.)	32
9: Contrastes octogonales de eficacia de (<i>Trichoderma harzianum</i>) y (<i>Bacillus subtilis</i>) en el cultivo de berenjena	34
10: Rendimiento en kg/ha para cada tratamiento evaluado	35
11. Análisis de varianza de la variable rendimiento utilizando (<i>Trichoderma harzianum</i>) y (<i>Bacillus subtilis</i>) para el control de (<i>Fusarium</i> spp.)	35
12. Prueba de Tukey de la variable rendimiento utilizando (<i>Trichoderma harzianum</i>) y (<i>Bacillus subtilis</i>) para el control de (<i>Fusarium</i> spp.)	36
13. Porcentajes de incidencia de (<i>Trichoderma harzianum</i>), (<i>Bacillus subtilis</i>) y testigo	42
14. Cálculo de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)	43
15. Costos de producción para cada tratamiento en el cultivo de berenjena	44
16. Ingresos obtenidos por cada tratamiento	45
17. Relación beneficio/costo, para el rendimiento en kg/ha de berenjena	45
18. Análisis Fitopatológico	56

INDICE DE FIGURAS

	Página
1: Primeros síntomas de (<i>Fusarium</i> spp.) en campo	9
2: Plantas totalmente marchitas	9
3: Croquis de campo, con aleatorización de tratamientos	23
4: Tendencia promedio de incidencia (%) de (<i>Fusarium</i> spp.)	31
5: Media de eficacia de controladores biológicos de (<i>Fusarium</i> spp.)	33
6: Gráfica de rendimiento en kg/ha de berenjena	36
7: Modelo de regresión lineal de la variable rendimiento vs incidencia del tratamiento (<i>Trichoderma harzianum</i>)	37
8: Modelo de regresión cuadrática de la variable rendimiento vs efectividad de tratamiento (<i>Trichoderma harzianum</i>)	38
9: Modelo de regresión lineal de la variable rendimiento vs incidencia del tratamiento (<i>Bacillus subtilis</i>)	39
10: Modelo de regresión lineal de la variable rendimiento vs efectividad del tratamiento (<i>Bacillus subtilis</i>)	40
11: Modelo de regresión lineal de la variable rendimiento vs incidencia del tratamiento testigo	41
12: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la variable incidencia	43
13: Mapa de ubicación, La Blanca, San Marcos, Guatemala	53
14: Cultivo de berenjena, La Blanca, San Marcos	53
15 y 16: Primeros síntomas de (<i>Fusarium</i> spp.) en berenjena, La Blanca	54
17 y 18: plantas de marchitas a causa de (<i>Fusarium</i> spp.) La Blanca	54
19: Toma de datos, incidencia de (<i>Fusarium</i> spp.) en berenjena	55
20: Toma de datos, rendimiento en kg/ha de berenjena, en La Blanca, S. M.	55

CONTROL BIOLÓGICO DE *Fusarium* spp. EN BERENJENA UTILIZANDO *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis*, EN OCÓS, SAN MARCOS.

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el control biológico de *Fusarium* spp. en berenjena (*Solanum melongena*). Se utilizó el diseño de bloques al azar con 3 tratamientos y 7 repeticiones, los agentes de control biológico fueron *Trichoderma harzianum* a una concentración de 10^7 UFC/g y *Bacillus subtilis* a concentración de 1×10^6 UFC/ml, estos fueron comparados con un testigo absoluto. Se determinó que la incidencia fue mayor para el testigo con 55% de plantas enfermas mientras que los biocontroladores *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* mostraron 33% y 38% respectivamente; en cuanto a la eficacia y el Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad ambos biocontroladores mostraron ser eficaces para el control de *Fusarium* spp. En cuanto al rendimiento, los resultados fueron 32,861.35 kg/ha para *Trichoderma harzianum*, 29,241.82 kg/ha para *Bacillus subtilis* y 18,685.36 kg/ha para el testigo. El modelo de regresión lineal y el coeficiente de correlación de Pearson para el rendimiento vs incidencia demostró una relación de dependencia entre las variables rendimiento, incidencia y eficacia para *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* y testigo absoluto, es decir que a mayor incidencia los rendimientos disminuyen y a mayor eficacia los rendimientos aumentan. Los datos obtenidos en el análisis beneficio/costo demuestran que el tratamiento más rentable económicamente es *Trichoderma harzianum*. Por tanto se recomienda utilizar *Trichoderma harzianum* para el control biológico de *Fusarium* spp. en el cultivo de berenjena en Ocos, San Marcos.

BIOLOGICAL CONTROL OF *Fusarium* spp. IN EGGPLANT USING *Trichoderma harzianum* AND *Bacillus subtilis*, OCÓS, SAN MARCOS

SUMMARY

This research study was carried out to evaluate the biological control of *Fusarium* spp. in eggplant (*Solanum melongena*). A complete randomized block design with 3 treatments and 7 replicates was used; the biological control agents were: *Trichoderma harzianum* at a concentration of 10^7 UFC/g and *Bacillus subtilis* at a concentration of 1×10^6 UFC/ml, which were compared with the absolute check. It was determined that the incidence was higher for the check with 55% of infected plants, while the *Trichoderma harzianum* and *Bacillus subtilis* bio-controllers showed incidences of 33% and 38%, respectively. Regarding the efficiency and area under the disease progress curve, both bio-controllers demonstrated to be effective for the control of *Fusarium* spp. Regarding yield, the results were: 32,861.35 kg/ha for *Trichoderma harzianum*, 29,241.82 kg/ha for *Bacillus subtilis*, and 18,685.36 kg/ha for the check. The linear regression model and Pearson product-moment correlation coefficient for the yield vs incidence demonstrated a dependence relationship among the yield, incidence and efficiency for *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* and the absolute check; in other words, the greater the incidence, the lower the yields and the greater the efficiency, the higher the yields. The data obtained in the benefit/cost relationship demonstrate that economically the most profitable treatment is *Trichoderma harzianum*. Therefore, it is recommended to use *Trichoderma harzianum* for the biological control of *Fusarium* spp. in the production of eggplant in Ocos, San Marcos.

I. INTRODUCCION

La importancia del cultivo de berenjena (*S. melongena*) en Guatemala está en las Divisas que ingresan al país, las exportaciones de berenjena para el año 2011 fue de 1,143.80 toneladas; a los países que exporta Guatemala son: Estados Unidos (97.89%), Honduras (0.99%), Nicaragua (0.52%), El Salvador (0.51%) y Costa Rica (0.09%), Holanda y Canadá. (BANGUAT, 2012).

En el municipio La Blanca, San Marcos, la producción de berenjena (*S. melongena*) inicio a finales del año 2006, desde que se introdujo el cultivo la cantidad de área para siembra ha ido en aumento debido a la demanda existente en el mercado extranjero, ya que toda la producción se exporta hacia Estados Unidos, Holanda y Canadá (Alvillo, 2012).

Las plagas y las enfermedades son problemas con los que se enfrenta los productores para obtener buenos rendimientos en sus producciones. El cultivo de la berenjena se ve afectado por enfermedades causadas por hongos fitopatógenos (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Phytium* spp., *Phytophthora* spp.) del suelo que provocan pudriciones y necrosis en las raíces y tallo; provocando marchitamiento y la muerte completa de la planta. Entre estas enfermedades, la pudrición vascular causada por (*Fusarium* spp.) es la de mayor importancia causando pérdidas en la producción, ya que la enfermedad destruye el tejido vascular de la planta causándole la muerte.

Tomando en consideración que cada vez más aumentan las regulaciones y las restricciones en el uso de un gran número de plaguicidas químicos por el efecto negativo que producen al ambiente y al hombre, por lo que como alternativa para la sustitución parcial o total de éstos en el control de enfermedades de los cultivos agrícolas se evaluó el control biológico de dos antagonistas microbianos (*Trichoderma harzianum*) cepa T-22 y (*Bacillus subtilis* var *subtilis*) sobre la Fusariosis vascular causada por (*Fusarium* spp.) en berenjena hindú (*Solanum melongena*), bajo condiciones de campo en La Blanca, San Marcos.

II. MARCO TEORICO

2.1 Taxonomía de la berenjena

La descripción taxonómica de la planta de berenjena es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Polemoniales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: *Solanum melongena*

(Días & Salas, 1995).

2.2 Descripción botánica de la berenjena

La planta de berenjena es un arbusto que alcanza hasta 1.7 m de alto. Es una planta anual con un fuerte y profundo sistema radicular, toda la planta está cubierta de pubescencias grisáceas (Cáceres, 1984).

Los tallos y ramas maduros se tornan leñosos, las hojas son alternas y simples con pecíolos de hasta 0.1 m de largo. Las flores son solitarias o en racimos de 2-5, hermafroditas o masculinas (andromonoica), generalmente se autopolinizan pero puede ocurrir de 6 a 20% de polinización cruzada (FHIA, 2007).

Botánicamente, el fruto es una baya. Su tamaño, forma, peso y color son variables. Puede ser redondeado, alargado, ovoide, acampanado o acilindrado; el color del fruto puede ser púrpura, casi negro, blanco, verde claro, marrón o violeta, con o sin rayas longitudinales. La mayoría de los cultivares comerciales son morados, negros o blancos (Morales, 1994).

2.3 Propiedades nutricionales

En el cuadro 1 se pueden ver las propiedades nutricionales que proporciona la berenjena.

Cuadro 1: Propiedades Nutricionales del fruto

Componente	Cantidad (g)	Componente	Cantidad
Agua	92	Ca	22 mg
Proteína	1.6	Fe	0.9 mg
Grasa	0.2	Vitamina B	0.08 mg
Carbohidratos	4	Niacina	0.7 mg
Fibra	1	Vitamina C	6.0 mg
Cenizas	0.6	Semilla (1000)	4 g

Fuente: Toledo (2004)

2.4 Exigencias de clima y suelo

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto (Zapata, 1996).

La temperatura óptima es de 25 –32°C, temperaturas inferiores a 12°C y superiores a 32°C, interrumpen la polinización; un buen desarrollo de raíces se alcanza con temperaturas de 28°C (Casacá, 2005). La humedad relativa ideal es entre 50 y 65 % porque este cultivo es altamente susceptible a enfermedades provocadas por hongos que afectan hojas y frutos (Lardizábal, 2007).

La berenjena posee una gran capacidad de adaptación a los suelos, siempre y cuando disponga de nutrientes en cantidad suficiente y buen drenaje. Son preferibles los suelos con pH de 5.5-6.8, buen contenido de materia orgánica, buena retención de humedad, capacidad de drenaje y profundidad no menor de 0.25 m. La textura franco-arenosa o franco-limosa es ideal (Morales, 1994).

2.5 Variedades

Las variedades que más se siembran para su comercialización son las de tipo china, thai, hindú y en menor cantidad la berenjena americana (Lardizábal, 2007).

2.5.1 Berenjena hindú

La berenjena es originaria de las zonas tropicales y subtropicales asiáticas. Se cultivó desde la antigüedad en la India, Birmania, y China, hacia el año 1,200 ya se cultivaba en Egipto (MINECO, 2008). Es una planta herbácea, aunque sus tallos presentan tejidos lignificados que le dan un aspecto arbustivo y anual, puede rebrotar en un segundo año si se cuida y poda de forma adecuada, sin embargo la producción se reduce y la calidad de los frutos es menor (MINECO, 2008).

La semilla germina entre los 6 y 10 días después de la siembra. Las plántulas pueden ser trasplantadas a las 4-6 semanas después de la siembra. La floración comienza 6-8 semanas después del trasplante. La cosecha se inicia aproximadamente a los 60 días después del trasplante, los frutos pueden comenzar a cosecharse cinco semanas después de haber comenzado la floración, dependiendo del cultivar y madurez deseada. Una plantación con adecuado manejo produce entre 4 y 5 meses y una plantación injerta produce entre 10 y 12 meses (FHIA, 2007).

La cosecha se inicia a los 60 días después del trasplante, realizando dos cortes por semana. Dependiendo del manejo, la cosecha se extiende hasta los 5 meses. En cada cosecha se recolectan los frutos de color, forma y tamaño requerido por la empacadora, sin daño mecánico y con la madurez adecuada. Para su recolección y transporte debe utilizarse cajas y sitios de recolección para evitar la larga exposición al sol (FHIA, 2007), (Lardizábal, 2007).

La berenjena hindú tiene frutos de forma globosa pequeña y de color morado oscuro. Su planta tiene crecimiento arbustivo pero con más crecimiento a lo ancho que a lo alto (Lardizábal, 2007).

2.6 Plagas asociadas a berenjena en Guatemala

Dentro de las plagas que afectan la producción de berenjena en Guatemala están: Araña roja (*Tetranychus urticae*), araña blanca (*Polyphagotarsonemus latus*), Mosca blanca (*Bemisia tabaci*), la cual causa daños directos (amarillamientos y debilitamiento de las plantas) ocasionados por alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Otros daños indirectos se producen por la transmisión de virus, (*Bemisia tabaci*) es potencialmente transmisora de un mayor número de virus en cultivos hortícolas (Saunders, Andrew, King, & Vargas, 1983).

2.7 Enfermedades asociadas a berenjena en Guatemala

Las enfermedades de mayor importancia en la berenjena son aquellas que causan el marchitamiento de la planta o la pudrición del fruto como: Damping-Off o mal del talluelo (*Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*), Pudrición del cuello y marchitez vascular ocasionado por (*Fusarium spp.*), Tristeza de la planta y pudrición del fruto (*Phytophthora sp.*), Podredumbre blanda (*Erwinia carotovora*) y Botrytis (*Botrytis spp.*) (Morales, 1994), (Casacá, 2005), (Lardizábal, 2007).

2.8 Hongos fitopatógenos

A nivel mundial los hongos fitopatógenos originan pérdidas que ascienden a miles de millones de dólares al año (Lardizábal, 2007). El daño que ocasionan no sólo se refiere a las pérdidas de producción económica, sino también a las pérdidas en la producción biológica, es decir a la alteración que existe en el crecimiento y desarrollo de las plantas hospedantes atacadas por estos microorganismos. En cuanto a las pérdidas económicas, éstas pueden ser de tipo cuantitativo y/o cualitativo (sabor, textura, color y forma). De los diversos microorganismos fitopatógenos que atacan a las plantas, como pueden ser los virus, hongos, bacterias, nematodos, fitoplasmas, y viroides, son los hongos el grupo que más enfermedades ocasiona y por lo tanto sobre el que más investigación se ha realizado. Todas las plantas superiores pueden ser infectadas y dañadas por más de una especie de hongo fitopatógenos, y una especie de hongo fitopatógeno puede atacar a más de una especie de planta (Agrios, 1998).

La importancia de los hongos fitopatógenos del suelo que atacan la raíz, no se limita sólo al daño que ocasionan en las plantas hospedantes, sino también debe considerarse el papel que juegan dentro de las cadenas tróficas y en las diversas relaciones que establecen con otros microorganismos del suelo (Agrios, 1998).

Dentro de los géneros de hongos fitopatógenos edáficos más importantes por su incidencia, severidad y pérdidas económicas que ocasionan en los agroecosistemas de las regiones subtropicales, y tropicales se encuentran: (*Phytophthora* spp.), (*Pythium* spp.), (*Rhizoctonia* spp.), (*Fusarium* spp.), (*Verticillium* spp.), (*Sclerotium* spp.) (Zentmyer, 1980).

Con respecto a la relación que establecen los hongos fitopatógenos con las raíces de las plantas, una característica es que invaden y se alimentan sobre tejidos vegetales vivos, por lo cual es muy importante que puedan rebasar todos los mecanismos de resistencia de las plantas. Estos hongos pueden ser parásitos especializados y parásitos no especializados. En el último caso su parasitismo está limitado por la resistencia a la invasión de los tejidos maduros del hospedante. De este modo la infección se limita a las plántulas y a los tejidos juveniles de las plantas adultas (ápices radicales), o bien a los tejidos más viejos de plantas predispuestas a la infección por algunas condiciones adversas del ambiente como pudiera ser una toxina o alguna deficiencia nutrimental como en el caso de los géneros (*Pythium*), (*Rhizoctonia*) y (*Phytophthora*). Por otra parte los hongos fitopatógenos de la raíz especializados pueden ser patógenos que invaden y provocan pudriciones en el sistema vascular como son los géneros (*Verticillium*) y (*Fusarium*) (Garret, 1981).

Los hongos fitopatógenos de la raíz requieren de tejido vivo para alimentarse y reproducirse, y en donde el sistema radical de una planta puede ser infectado por más de una especie de hongo al mismo tiempo, es difícil hablar de una sucesión (en sentido estricto) en la misma planta hospedante. La formación de exudados radicales (ricos en azúcares y aminoácidos) y la influencia que tienen estos en la actividad microbiana de la rizósfera, incluyendo la atracción que ejercen en estructuras de infección de algunos

hongos fitopatógenos influyen en la presencia, infección y sucesión de los hongos patógenos que pueden ser atraídos o no hacia la raíz, sobre todo porque estos exudados probablemente cambian con la edad y condición de la planta (Lussenhop, 1981).

De acuerdo a Griffin (1972) y Lumsden (1981) los procesos antagónicos que ocurren en el suelo traen como consecuencia un amortiguamiento del parasitismo en el suelo e influyen grandemente en la actividad, longevidad, y tasa de sobrevivencia del micelio y los propágulos fungales. Un ejemplo de estos procesos es la posible “exclusión” de un hongo patógeno de las raíces debido a que otro ya se encuentra presente, confiriendo éste último cierta protección al hospedante.

2.9 Fusariosis vascular por (*Fusarium* spp.)

Según AGRIOS (1998), la clasificación taxonómica de (*Fusarium* spp.) es la siguiente:

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Deuteromycete

Orden: Hypocreales

Familia: Hypocreaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *Fusarium oxysporum*

El agente causante de esta enfermedad es el hongo (*Fusarium oxysporum*), (*Fusarium* spp.), (*F. melongenae*), que causa la muerte de los tejidos internos de las partes baja y media del tallo. La planta luce marchita, las hojas más viejas se tornan amarillentas, las nervaduras se aclaran y luego se secan y caen. Estos síntomas van progresando hacia las hojas más jóvenes, hasta afectar todo el follaje, en forma similar al ataque de (*Verticillium*). Finalmente el tallo muere también. En los casos en que la planta sobrevive, solo unas pocas hojas se mantienen en las puntas de las ramas, siendo el rendimiento de dichas plantas muy bajo. (Lardizábal, 2007).

Esta enfermedad fue observada por primera vez en España en cultivos al aire libre en Valencia en la campaña 78-79. También ha sido citada en Japón, Israel, Italia, Hungría y Holanda (Díaz, 2012). El marchitamiento vascular ocasionado por (*Fusarium oxysporum*) se ve favorecido por las altas temperaturas, por un crecimiento rápido del cultivo y una transpiración intensa. La nutrición mineral de las plantas influye en la sensibilidad a la enfermedad. Cuando el aporte de nitrógeno es elevado el cultivo es más receptivo a la enfermedad, en cambio, con aportes de potasio y calcio mayores se observan menos plantas afectadas (Díaz, 2012).

Los daños directos producidos en la parte aérea se describen con dos sintomatologías típicas: por una parte un amarillamiento progresivo de las hojas, a menudo unilateral en el inicio de la enfermedad, que está precedido por una pérdida de color de las nerviaciones, finalizando con una necrosis total o parcial del limbo; por otro lado un marchitamiento brusco de las hojas, como si a la planta le faltase agua y a veces es irreversible. En ocasiones es reversible, pero termina dejando las hojas secas y conservando su color verde, lo que le da un aspecto gris verdoso muy característico (Urrutia, Gómez, & Tello, 2004), (Díaz, 2012). Existen síntomas intermedios, combinando marchitamientos transitorios acompañados de amarillamientos y necrosis. Otro síntoma consiste en la inclinación de los peciolo hacia el pie de la planta (epinastia). En el interior de los tallos de las plantas enfermas se observa un oscurecimiento del tejido leñoso en zonas más o menos amplias (Díaz, 2012).

El primer síndrome se manifiesta de la siguiente manera: reducción generalizada del porte de las plantas. Uno o varios tallos mostraron a partir de las hojas más viejas un amarillamiento muy llamativo de las venas del limbo (Fig.1). Amarillamiento que puede ser unilateral. Esta "clorosis" se generalizaba antes de la muerte de la planta. Las hojas se marchitan bruscamente de forma irreversible, el xilema se tiñe de una intensa coloración marrón y las raíces no exteriorizan podredumbre alguna hasta que la planta muere por completo (Fig. 2). Los síntomas descritos corresponde a los de una micosis vascular (Urrutia, Gómez, & Tello, 2004).



Figura 1: Primeros síntomas de (*Fusarium* spp.) en campo. Amarillamiento generalizado de las venas foliares (Urrutia, Gómez & Tello, 2004).



Figura 2: Plantas totalmente marchitas (Urrutia, Gómez & Tello, 2004).

(*Fusarium* spp.) es un hongo habitante del suelo que infecta a las plantas a través de las raíces, penetrando en forma directa o por heridas. El micelio y las esporas ascienden a través de los vasos xilemáticos por la corriente transpiratoria. Es un organismo saprófito que puede permanecer en el suelo por tiempo indefinido; se propaga principalmente como micelio, esporas o clamidosporas a través del agua de riego, el equipo agrícola, estructuras vegetativas y semillas de algunas plantas (Agrios, 1998).

La mayoría de las enfermedades causadas por (*Fusarium* spp.) son difíciles de controlar, ya que sólo una infección provocada por una espora es suficiente para introducir al patógeno en la planta, donde se desarrolla y propaga (Agrios, 1998), (Chávez, 2006).

2.10 Control biológico

Según Michel, (2001): El control biológico (CB), se define como cualquier condición o práctica por medio de la cual la sobrevivencia o actividad de un patógeno se reduce a

través de la mediación de cualquier otro organismo, excepto el hombre, con disminución de la incidencia de la enfermedad.

El control biológico involucra un conocimiento completo de los sistemas de cultivo, epidemiología de la enfermedad, la biología, ecología y dinámica de población de los antagonistas y la interacción entre todas las variables (Garret, 1981).

Entre los antagonistas estudiados en sistemas que involucran patógenos del suelo, de enfermedades como: Fusariosis, pudriciones de raíz y de la corona, así como marchitez vascular, con sus respectivos agentes causales, se ha evaluado con éxito a: (*Trichoderma*), (*Gliocladium*), (*Penicillium*), (*Pseudomonas*), (*Bacillus*), (*Pythium*), (*Laetisaria*), (*Sporidesmium*), (*Coniothyrium*), (*Verticillium*) y (*Talaromyces*), (Michel, 2001).

Ciertas rizobacterias tienen la capacidad de inducir cambios fisiológicos en las plantas, en tratamientos a la semilla, promueven el desarrollo vegetal, y le proporcionan protección sistémica para un amplio rango de patógenos del suelo y foliares, incluyendo hongos y bacterias (Alexopoulos, Mims, & Blackwell, 1996).

Los inoculantes biológicos pueden definirse como preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas benéficas, eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, potencializadoras de diversos nutrientes, biocontroladoras o productoras de sustancias activas, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos y acelerar los procesos microbianos, así mismo son empleados con el fin de promover el crecimiento vegetal o favorecer el aprovechamiento de los nutrientes en asociación con la planta o su rizósfera (Chávez, 2006).

La utilización de inoculantes biológicos ha tenido una amplia difusión en los últimos años, también se ha difundido su efecto positivo sobre el rendimiento de muchos cultivos y en distintas situaciones y la factibilidad de una agricultura orgánica. Se clasifican según su uso en biofertilizantes, biocontroladores, aceleradores de

compostaje y biorremediadores; siendo algunas especies de (*Trichoderma* sp.) empleadas dentro de los bioinoculantes como biocontrolador, biofertilizante y acelerador de compostaje (Chávez, 2006).

2.10.1 Género (*Trichoderma*)

El género (*Trichoderma*) fue introducido por Persoon hace casi 200 años y consiste de hongos anamórficos aislados principalmente del suelo y de materia orgánica en descomposición. (Grondona, y otros, 1997). Este género pertenece al grupo al grupo de hongos Deuteromicetes u hongos imperfectos, al orden Hifales (moniliales) y se caracteriza por presentar conidióforos hialinos, muchas veces blanquecinos, no verticilados, fiálides simples o en grupos, conidias hialinas, unicelulares ovoides que yacen en pequeños racimos terminales, se les reconoce fácilmente por su rápido crecimiento y el color verde de las conidias. En su estado vegetativo presentan un micelio o septos simples. Son haploides y su pared está compuesta por quitina y glucanos. Las hifas que llevan las esporas o conidióforos son ramificadas (Alexopoulos, Mims, & Blackwell, 1996).

Las especies de este género (en su mayoría micoparasíticas), son los antagonistas más utilizados para el control de enfermedades producidas por hongos debido a su ubicuidad, facilidad de aislamiento y cultivo, rápido crecimiento en varios sustratos, ataca una amplia variedad de hongos fitopatógenos responsables de la mayoría de enfermedades en cultivos, pero sobretodo porque no ataca plantas superiores (De la Cruz, Pintor-Toro, Benitez, & Llobell, 1995).

El género (*Trichoderma*) posee buenas cualidades para el control de enfermedades en plantas causadas por patógenos fúngicos del suelo. Las especies de (*Trichoderma*) actúan como hiperparásitos competitivos, que producen metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas a los que se les atribuyen los cambios estructurales a nivel celular, tales como vacualización, granulación, desintegración del citoplasma y lisis celular,

encontrados en los organismos con los que interactúa (Ezziyyani, Pérez, Ahmed, Requena, & Candela, 2004).

Los mecanismos de acción por medio de los cuales los antagonistas afectan a los fitopatógenos son la competencia, antibiosis, micoparasitismo (Papavizas, 1985) e inducción de mecanismos de resistencia. Estos mecanismos no son mutuamente excluyentes, por lo que mientras uno parece ser el principal, en realidad pueden actuar en conjunto (Alexopoulos, Mims, & Blackwell, 1996).

La competencia se da principalmente por nutrientes y espacio, de ésta manera la causa más común de la muerte de un microorganismo es por inanición, puesto que requieren de nutrientes exógenos, como carbono, y hierro para germinar, penetrar e infectar el tejido (Inbar & Chet, 1997), y si los sitios de infección están ocupados por el organismo benéfico tendrá dificultades para prosperar el hongo fitopatógeno.

La antibiosis es el fenómeno mediante el cual el hongo antagonista inhibe o destruye a un organismo, a través de la producción metabólica de pequeñas moléculas tóxicas, volátiles y de enzimas hidrolíticas las cuales disuelven o dañan polímeros estructurales, como quitina y -1-3-glucanos, de la pared celular en la mayoría de los hongos fitopatógenos, produciendo un efecto adverso sobre su desarrollo y diferenciación. Entre mayor sea la cantidad de productos metabólicos, el poder antagónico se incrementa (Michel, 2001).

La cepa T-22 ha sido desarrollada por la Universidad de Cornell mediante una cruce entre 2 cepas de (*Trichoderma harzianum*) provenientes de regiones de clima y suelos contrastantes lo cual le confiere propiedades sobresalientes de adaptación a un rango amplio de suelos (arenosos y/o arcillosos) como así también a climas fríos y cálidos. Presenta una gran adaptabilidad a rangos de pH entre 4-8 (PHC, 2002), (Wassington, 2010).

a) RootShield® WP

Es un agente de control biológico preventivo para el control de enfermedades radiculares de un gran número de especies vegetales. El ingrediente activo es un

microorganismo benéfico conocido con el nombre de (*Trichoderma harzianum*) cepa T-22 a una concentración de 1×10^7 unidades formadoras de colonia (UFC/g). Cuando se aplica al suelo, semillas y plántulas tiene la capacidad de desarrollarse rápidamente dando efectiva protección a la raíz frente a ciertos patógenos del suelo, como (*Fusarium* spp.) (Wassington, 2010), (El Exito, 2010).

2.10.2 Género (*Bacillus*)

(*Bacillus*) es un género altamente presente en la rizósfera de diversos cultivos debido a su capacidad de formación de esporas que le da una ventaja de supervivencia en la rizósfera vegetal (Calvo & Zuñiga, 2010).

Debido a sus características, (*Bacillus subtilis*), microorganismo cuyo hábitat natural es el suelo, se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. Entre sus principales características se encuentra su capacidad para formar esporas en diversas condiciones de estrés, crecer en un intervalo amplio de temperaturas (desde 15 hasta 55 °C), presentar motilidad, aerotaxis y velocidades de crecimiento altas, sobrevivir en concentraciones salinas (hasta el 7% de NaCl), producir una amplia variedad de antibióticos y enzimas hidrolíticas extracelulares (Espinoza, 2005).

(*Bacillus subtilis*) evidenció tener un alto potencial y espectro de acción “*in vitro*” como biocontrol del patógenos que afectan tanto a la parte del cultivo bajo tierra como aérea, en semilleros y/o plantación: (*Alternaria porri*) (84-100%), (*Pyrenochaeta terrestres*) (81-94%), (*Fusarium* spp.). (85-88%), (*Fusarium moniliforme*) (71-78%), (*Alternaria solani*) (73.93%), (*Stemphylium solani*) (80-89%), (*Dydimella lycopersici*) (94-100%), y (*P. infestans*) (90-100%) (Linares, Guilián, Oliva, Dueñas, Buides, & Ferrer, 2005).

a) Subsol 0,08® SC

Agente de control biológico preventivo que actúa por antibiosis y por competencia por nutrientes con los hongos fitopatógenos del suelo, follaje y frutos. Contiene esporas y

productos del metabolismo de la bacteria (*Bacillus subtilis var subtilis*) a una concentración de 1×10^6 UFC/ml (El Sol, 2012).

Al sembrar las semillas tratadas, las esporas de la bacteria (*Bacillus subtilis var subtilis*) germinan junto con las semillas, produciendo formas vegetativas que colonizan la superficie externa de las raíces, y viven de los exudados de las mismas. Como resultado del metabolismo bacteriano se producen sustancias antibióticas o fúngicas como la ITURINA-A, que impide el desarrollo de los hongos que afectan a las raíces y talluelos de las plántulas (El Sol, 2012).

2.10.3 Antecedentes del uso de (*Trichoderma* spp.) y (*Bacillus* spp.) para control biológico

Uno de los métodos más utilizados para contrarrestar las pérdidas en cultivos agrícolas por organismos o plagas causantes de enfermedades es el uso de pesticidas. Estas son sustancias químicas que producen innumerables efectos indeseados sobre el ecosistema, induciendo a la generación de organismos resistentes, persistencia ambiental de residuos tóxicos, contaminación de suelos y recursos hídricos, lo cual altera el equilibrio ecológico (Aciego, 2006). (*Trichoderma* spp.) bajo condiciones de laboratorio es capaz de presentar distintos grados de inhibición; en (*F. oxysporum*) (*Fusarium* spp), (*F. cucumerinum*) y (*F. oxysporum* f. sp. *Dianthi*), Asimismo, (*Trichoderma harzianum*) por acción de las enzimas hidrolíticas que produce, inhibe la germinación de esporas y elongación de las hifas de varios hongos, entre ellos (*F. solani*) y (*F. gramineum*) (Michel, 2001). Según González y otros (2005) La efectividad técnica del tratamiento a la semilla con (*Trichoderma*) fue de 96,5% y 97,5% por el método de inmersión y peletización respectivamente, sin que se presentara diferencias entre ellos, evaluando dos biopreparados en semillas de frijol para las enfermedades producidas por los géneros (*Rhizoctonia*), (*Macrophomina*), (*Fusarium*) y (*Sclerotium*), entre otras.

Se determinó la actividad antagonista in vitro de aislamientos de microorganismos obtenidos de la rizósfera de plantas de garbanzo contra el complejo de hongos

causantes de la marchitez: (*Fusarium oxysporum*), (*Sclerotium rolfsii*) y (*Rhizoctonia solani*). Las cepas nativas que mostraron el mayor porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de los patógenos fueron seleccionadas e identificadas como (*Trichoderma lignorum*), (*Trichoderma harzianum*), (*Bacillus subtilis*) y (*Pseudomonas fluorescens*), las cuales fueron evaluadas en campo, presentando una reducción de la enfermedad en 64%. (Paredes-Escalante & Carrillo-Fasio, 2008), (Ogawa, 1986)

(*Trichoderma* spp.) Se ha utilizado como controlador de enfermedades en tomate, melón y algodón, sin embargo el primero en demostrar el control exitoso de la pudrición de la raíz y la corona en tomates con este biocontrolador fue Marois et al. (1981). Se ha observado que (*Trichoderma harzianum*) controla en un 80-83% (*Fusarium*) en cultivos creciendo sobre suelo en forma natural (Obreque, 2004), (Ibar & Chet, 1997).

Resultados obtenidos in vitro para el control de (*Fusarium oxysporum*), aislado de caña de azúcar. La mayor inhibición del crecimiento micelial del hongo ocurre hasta en un 50% lo que la hace promisorio para el control de este hongo. En la evaluación del efecto bioantagonista de las cepas de (*Bacillus subtilis*) evaluadas resultan promisorias para el control de hongos del género (*Fusarium*), ya que su efecto, cuando se aplica al suelo o en las semillas, no es exclusivamente por su antagonismo con los patógenos y la liberación de compuestos con propiedades antifúngicas, sino que también a la producción de sustancias promotoras del crecimiento (Villa, Alfonso, Rivera, & Gónzales, 2007).

Las propiedades antagónicas del género (*Bacillus*) han sido utilizadas como vía para el control de enfermedades, disminuyendo los riesgos de contaminación del medio ambiente ocasionado por el uso indiscriminado de productos químicos. El (*Bacillus subtilis*) considerada entre las bacterias esporuladas más importante en lo que se refiere a la producción de sustancias antibióticas y dada su difusión en la naturaleza, proporciona un interés creciente en cuanto a su estudio y utilización (Linares, Guillán, Oliva, Dueñas, Buides, & Ferrer, 2005).

III. JUSTIFICACION DEL TRABAJO

3.1 Definición del problema

El cultivo de berenjena (*Solanum melongena*) se empezó a producir en el municipio de La Blanca a finales del año 2006; esto motivado por la Fundación AGIL, para ayudar a los productores del parcelamiento. Hoy en día la producción asciende a 25,250 kg/ha, teniendo un área de más de doce hectáreas en producción, las cuales van en aumento debido a la demanda del mercado.

Dentro de los problemas que tienen los productores de berenjena se encuentra el control de las enfermedades causadas por hongos del suelo, siendo el de mayor importancia las provocadas por el género (*Fusarium*) debido a que ocasionan pudrición radicular y marchitez de la planta, lo cual provoca una disminución en la producción hasta en un 15% o más cuando no se controla de una manera correcta.

Las plantas enfermas al morir contribuyen a infectar las plantas sanas y aumentan el nivel de inóculo en los suelos que permitirá futuros ataques en cultivos susceptibles. Una vez infectada la planta con el hongo, es difícil de erradicar, por lo cual aplicar productos preventivos es una de las mejores alternativas de control.

Los productores de berenjena del municipio de La Blanca, San Marcos exportan toda su producción a Estados Unidos, Holanda, Canadá y Alemania; pero cada día más se incrementan las regulaciones y las restricciones en el uso de gran número de agroquímicos, con la finalidad de ofrecer productos libres de residuos químicos que puedan ocasionar daños a la salud del ser humano. Esto ocasiona la búsqueda de nuevas alternativas para el control de enfermedades que sean rentables económicamente, amigables con el medio ambiente y los seres humanos; dentro de las cuales la utilización de microorganismos biológicos es prometedora.

Es importante identificar productos que controlen los hongos del género (*Fusarium*), de tal manera que los productores dispongan de diferentes productos eficaces para el

control de enfermedades y así poder rotarlos para evitar el desarrollo de resistencia por parte de la misma. Los productos biocontroladores que se utilizaron para la investigación son a base de (*Trichoderma harzianum*) cepa T-22 y (*Bacillus subtilis* var *subtili*) los cuales han sido evaluados con anterioridad y han dado resultados favorables in vitro y bajo condiciones de invernaderos sobre el control de (*Fusarium* spp.).

Por lo anterior es necesario conocer si: ¿Se podrá controlar las infecciones por (*Fusarium* spp.) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*) empleando el hongo (*Trichoderma harzianum*) o la bacteria (*Bacillus subtilis*), bajo las condiciones de La Blanca, San Marcos?

3.2 Justificación de la investigación

Los biocontroladores (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis* var *subtili*) han demostrado ser eficaces para el control de (*Fusarium* spp.) en investigaciones *in vitro* y en invernaderos donde obtuvieron una eficacia arriba del 50% en diferentes cultivos. Por lo que la utilización de (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis* var *subtili*) podría controlar las infecciones de (*Fusarium* spp.) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*), bajo las condiciones de La Blanca, San Marcos.

De manera que (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis* var *subtili*) son una alternativa viable para los productores, debido a que no son residuales, favorecen la estructura de los suelos y no causan resistencia. Además se incrementa los ingresos económicos, debido al aumento del tiempo de cosecha y de la disminución de las pérdidas causadas por las infecciones de (*Fusarium* spp.).

La utilización de agentes biológicos para el control de infecciones ocasionadas por (*Fusarium* spp.) es un aporte para la tecnificación de la producción agrícola en la zona, ya que el cultivo de berenjena (*S. melongena*), es un cultivo no tradicional que recién se ha introducido para su producción y comercialización.

IV. OBJETIVOS

4.1 General:

- Evaluar el control biológico de (*Fusarium* spp.) en berenjena hindú (*Solanum melongena*) utilizando (*Trichoderma harzianum*) cepa T-22 y (*Bacillus subtilis*).

4.2 Específicos:

- Determinar la incidencia de (*Fusarium* spp.) en berenjena hindú (*Solanum melongena*), para cada tratamiento.
- Comprobar la eficacia de los biocontroladores (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) sobre (*Fusarium* spp.)
- Establecer el rendimiento en kg/ha para cada tratamiento.
- Calcular la influencia de los tratamientos sobre beneficio/costo.

V. HIPÓTESIS

Ha. 1: Al menos un tratamiento mostrará un porcentaje (%) de incidencia de (*Fusarium* spp.) diferente.

Ha. 2: Al menos un tratamiento mostrará un porcentaje (%) de eficacia diferente sobre el control de (*Fusarium* spp.).

Ha. 3: Al menos un tratamiento mostrará un rendimiento de berenjena (*S. melongena*) en kg/ha diferente.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Localización del trabajo

6.1.1 Ubicación geográfica

El presente estudio se realizó en el municipio de La Blanca, del departamento de San Marcos. Se localiza geográficamente en las coordenadas 14° 32' 7.4" Latitud Norte y 92° 09' 3.7" Longitud Oeste, respecto al Meridiano de Greenwich (Argueta M., 1990). (Ver figura 14).

6.1.2 Condiciones climáticas

Basado en el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, ubica al Parcelamiento La Blanca dentro de la zona de vida bosque muy húmedo subtropical (Bmh – se), (De la Cruz S., 1982).

El clima del área es cálido, sin estación fría bien definida. La temperatura promedio anual es de 28°C, con máximas promedio de 36°C y mínimas promedio de 20°C. La precipitación media anual es de 1,303.5 mm, con dos estaciones bien definidas, la época de lluvia va de mayo a noviembre y la época seca de diciembre a abril, siendo la humedad relativa promedio anual de 74% (Argueta M., 1990).

6.1.3 Suelos

Los suelos del municipio de La Blanca están desarrollados sobre aluviones cuaternarios, pertenecen a la división fisiográfica de suelos del litoral del pacifico y en su mayor parte a la serie Tiquisate. Ocupan relieves casi planos, con un declive de 1%. Son suelos profundos con textura mediana (francos, franco limoso y franco arenosos), la estructura más generalizada es la de bloques sub-angulares medianos de débil a moderadamente desarrollados, con una consistencia de suave a friable. El color de estos suelos es gris a pardo en condiciones húmedas pardo grisáceo a pardo oscuro (Simmons, Tarano, & Pinto, 1959). El suelo superficial tiene una profundidad de 0.4 m, franco, de color café oscuro a café muy oscuro. El contenido de materia orgánica es alrededor de 5 al 10 por ciento. La estructura es granular fina poca desarrollada y reacción es neutra, pH alrededor de 7.0 (Simmons, Tarano, & Pinto, 1959).

6.2 Material experimental

6.2.1 Berenjena hindú

La berenjena Hindú tiene frutos de forma globosa pequeña y de color morado oscuro. Su planta tiene crecimiento arbustivo pero con más crecimiento a lo ancho que a lo alto (Lardizábal, 2007).

6.2.2 Productos de control biológico de (*Fusarium* spp.)

Para el control de Fusariosis vascular producida por (*Fusarium* spp.) se utilizaron dos productos con agentes biológicos, RootShield® WP a base de (*Trichoderma harzianum*) cepa T-22 y Subsol 0,08® SC, a base de (*Bacillus subtilis var subtilis*).

6.3 Factor a estudiar

- Productos biocontroladores de (*Fusarium* spp.)

Cuadro 2: Tratamientos a evaluar

Símbolo	Tratamiento	Agente de control biológico
T1	RootShield® WP	(<i>Trichoderma harzianum</i>) cepa T-22
T2	Subsol 0,08® SC	(<i>Bacillus subtilis var subtilis</i>)
T3	Testigo	Sin control biológico

6.4 Descripción de los tratamientos

6.4.1 Tratamiento 1

- **RootShield® WP : Producto biocontrolador de fusarium a base de (*Trichoderma harzianum*) cepa T-22**

Este tratamiento consistió en:

Primero: Inocular las plántulas sumergiéndolas en una solución a concentración de 1×10^7 UFC de producto comercial a base (*Trichoderma harzianum*) cepa T-22 (contiene

por lo menos 1×10^7 unidades formadoras de colonias (10^7 UFC/g) por litro de agua antes del trasplante al suelo definitivo (El Exito, 2010).

Segundo: Una aplicación de 0.00006 kg de producto comercial por planta equivalente a 1×10^4 UFC 30 días después del trasplante (El Exito, 2010).

Tercero: Una aplicación de 0.00006 kg de producto comercial por planta equivalente a 1×10^4 UFC 90 días después del trasplante (El Exito, 2010).

6.4.2 Tratamiento 2

- **Subsol 0,08® SC producto biocontrolador de (*Fusarium*) a base de (*Bacillus subtilis var subtilis*)**

Este tratamiento consistió en:

Primero: sumergir las raíces de la plántula en una solución a concentración de 0.01 litro de producto a base de (*Bacillus subtilis var subtilis*) por litro de agua antes del trasplante al suelo definitivo. A concentración de 1×10^6 UFC/ml

Segundo: tres aplicaciones con intervalos de 15 días entre ellas. A razón de 0.01 litro de producto a base de (*Bacillus subtilis*) por litro de agua. A concentración de 1×10^6 UFC/ml). (El Sol, 2012).

6.4.3 Tratamiento 3

- **Testigo**

Este fue un testigo absoluto, sin aplicación de biocontrolador de hongos fitopatógenos, con el cual se comparó los niveles de incidencia y de severidad de (*Fusarium spp.*) en las plantas.

6.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar, con tres tratamientos y siete repeticiones.

6.5.2 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento

U = efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental del tratamiento

6.6 Unidad experimental

El diseño fue conformado por 21 unidades experimentales, la unidad experimental tuvo un tamaño de 54 m^2 (30 plantas) y cada parcela neta de 21.6 m^2 (12 plantas).

6.7 Croquis de campo

Ver figura No. 3 donde se detalla la forma de distribución de los tratamientos bajo el diseño de bloques al azar.

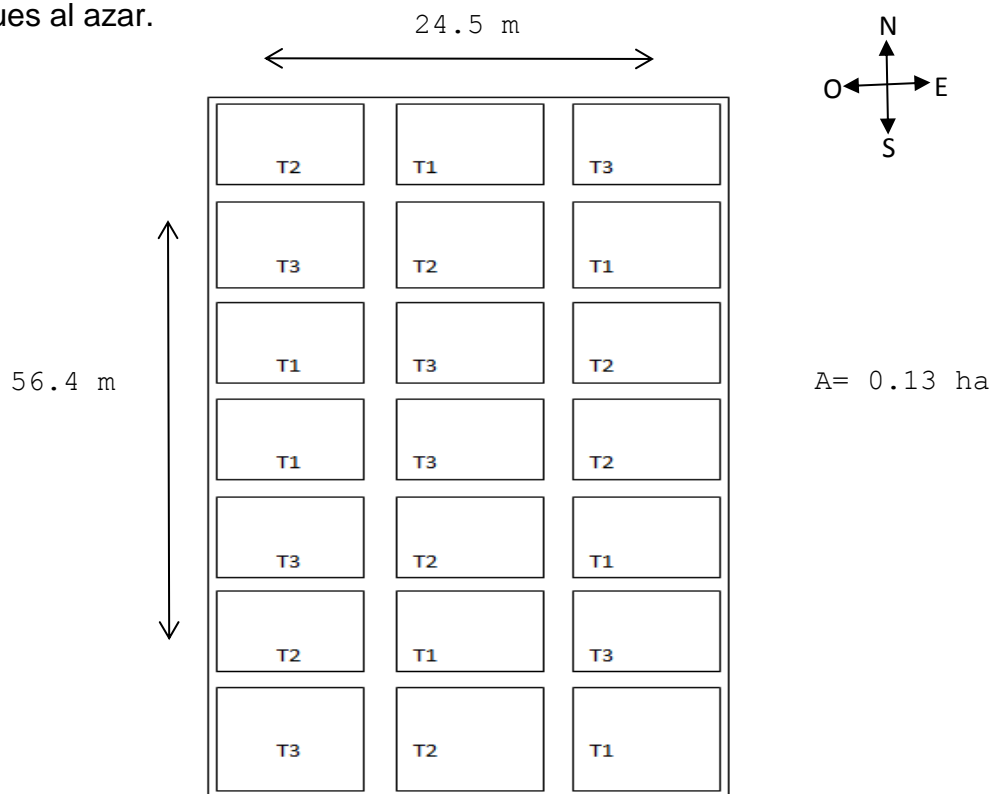


Figura 3: Croquis de campo, con aleatorización de tratamientos.

6.8 Manejo del experimento

6.8.1 Preparación del terreno

Las labores de preparación del terreno estuvieron orientadas a la eliminación de malezas, también se manipulo la estructura del suelo rompiendo y mullendo, a una profundidad de 20-25 cm, generando de esta forma, condiciones adecuadas para el desarrollo y penetración del sistema radicular.

6.8.2 Riego

Se realizó por medio de un sistema de riego por goteo, el cual se aplicó a cada tres días, desde el momento del trasplante, hasta la última semana de cosecha. Al no existir una lámina de riego establecida para este cultivo, se rego hasta capacidad de campo.

6.8.3 Trasplante

Se utilizaron pilones de invernadero con 30 días de edad, a un distanciamiento de 1.20 m entre planta y 1.5 m entre surco. Antes de realizar el trasplante se regó el área para que las plantas no se estresaran. (Ver figura 15).

En este momento se empezará a aplicar los tratamientos establecidos, consistente en la sumersión de las plántulas en las soluciones preparadas con los biocontroladores.

6.8.4 Control de malezas

Para evitar la competencia por nutrientes, luz, agua y espacio, ocasionada por las malezas, se realizó alternando el control mecánico y el control químico cada 15 días o según incidencia.

6.8.5 Fertilización

Para la proporción de nutrientes a las plantas, se realizó de acuerdo a los requerimientos del cultivo y las necesidades del suelo; previo a análisis de suelos realizados. Supliéndolos utilizando las formulas descritas en el siguiente cuadro:

Cuadro 3: Fertilizantes utilizados en el cultivo de berenjena, La Blanca, S. M.

Fecha aplicación d.d.t.	Nombre fertilizante	Formula N-P-K	Dosis Kg/ha
6	20-20-0	20-20-0	136
20	Triple 15	15-15-15	160
35	MOP	0-0-62	181
45	Nitrato de calcio	15-0-0-21	181
60	DAP	18-46-0	160
90	MOP	0-0-62	181
105	N total	46-0-0	181
135	DAP	18-46-0	160
170	Triple 15	15-15-15	136
d.d.t.= días después del trasplante			
Observaciones	10 días después del trasplante (d.d.t.) se inició con la aplicación de fertilizantes foliares: Calcio-boro®, Super cosecha®, Amino ultra®, Fertimix® y Fulvex®, a una dosis de 1litro/ha. A una frecuencia de aplicación de 10 días, rotándose los productos.		

6.8.6 Tutorado

Esta práctica consiste en la puesta de estacas de 2 - 2.5 metros de altura. Se realizó quince días después de la siembra. Las estacas se colocan cada 3 metros y se entierran por lo menos 50 cm en el suelo para que queden bien firmes. La finalidad de esta labor es que la planta crezca firme y las ramas no se quiebren por el peso de los frutos de berenjena.

6.8.7 Podas de saneo

Las podas en berenjenas son determinantes para que los frutos sean de mejor calidad y tamaños. Además de ayudar a regular la cantidad de brotes, flores y ramas, las podas aseguran que exista más espacio para aireación y entrada de luz. Como resultado de podar, se obtiene una mejor cobertura con las fumigaciones porque hay menos crecimiento de ramas hacia adentro. También hay menos hojas y ramas que están en contacto con los frutos, las cuales son las que más causan daños cuando están fuertes los vientos. Esta labor se realizó cada ocho días, iniciando cada 15 días después del trasplante.

6.8.8 Control fitosanitario

Las plagas y enfermedades pueden dañar todo el trabajo que se ha llevado a cabo para producir un cultivo rentable y de alto rendimiento, por ello los planes fitosanitarios deben de estar encaminados al control de las mismas. En el cuadro No.4 se puede observar las plagas que afectaron el cultivo de berenjena y los productos utilizados para su control.

Cuadro 4: Control fitosanitario de plagas en el cultivo de berenjena La Blanca, S. M.

Aplicación d.d.t.	Nombre plaga	Nombre plaguicida	dosis Lt/ha
6,30,60	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	Monarca 11.25 SE (Thiacloprid+Beta Cyflutrina)	1/2
15, 45, 120	Minador de la hoja (<i>Liriomyza</i> spp.)	Vertimec 1.8 EC (Abamectin)	1.2
70, 160	Tortuguilla (<i>Diabrotica</i> spp.)	Karate Zeon 2.5 CS (Lambda-cihalotrina 2.5%)	0.75
65, 90	Larvas de lepidópteras	Spinoace (Spinosad)	1/8
20, 40,130,150	Ácaros (<i>T. urticae</i>),(<i>P. latus</i>)	ACT botánico Azufre	2

d.d.t.= días después del trasplante

6.8.9 Cosecha

La cosecha se inició a los 65 días después del trasplante y tuvo una duración de 12 semanas. Esta se realizó de forma manual dos veces por semana, desechando los frutos no aptos para la exportación; los frutos se recolectaron en cajas plásticas para luego ser transportadas a la planta empacadora, para su respectivo proceso postcosecha.

6.8.10. Fase de laboratorio

Se realizó un análisis de las plantas enfermas (con presencia de síntomas y signos) de berenjena (*Solanum melongena* var. Hindú) para confirmar la presencia de *fusarium* spp., esta fue recolectada en campo y enviada a un laboratorio fitopatológico. (Figura 22)

6.9 Variables respuesta

➤ Incidencia de *Fusarium* spp.

El parámetro incidencia, es la cantidad de plantas o de órganos enfermos (que presentan algún síntoma y/o signo) con respecto a la cantidad de plantas evaluadas. Para tomar este dato se realizaron evaluaciones cada 15 días durante todo el ciclo del cultivo dentro de las parcelas netas del cultivo de berenjena, teniendo un total de 12 lecturas durante toda la investigación. (Figura 20).

Para calcular el porcentaje de incidencia se contó el número de plantas con síntomas de la enfermedad (amarillamiento, marchitamiento, necrosis de tejidos) (Ogawa, 1986), para cada tratamiento, utilizando la siguiente fórmula:

$$IE (\%) = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas evaluadas}} \times 100$$

➤ Eficacia de los biocontroladores

Para determinar la eficacia de los biocontroladores evaluados para el control de *Fusarium* spp. en el cultivo de berenjena se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{\text{incidencia de testigo absoluto} - \text{incidencia por tratamiento}}{\text{Incidencia de testigo absoluto}} \times 100$$

➤ **Rendimiento en kg/ha para cada tratamiento**

Se evaluó respecto a los kilogramos por hectárea de frutos producidos para cada tratamiento. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de ANDEVA con significancia del 95%. Para comprobar si existe aumento de producción al utilizar agentes de control biológico.

➤ **Relación beneficio/costo**

Se analizaron las utilidades y egresos, generados durante el proceso de investigación en cada tratamiento. Para determinar la relación beneficio/costo de cada uno de los tratamientos utilizados para el control de *Fusarium* spp. en el cultivo de berenjena.

6.10 Análisis de la información

6.10.1 Análisis estadístico

Con los datos obtenidos del estudio para las variables medibles, se realizó los respectivos análisis de varianza ANDEVA a significancia del 95% y la comparación entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey α 5%, para conocer si existe variabilidad significativa entre los tratamientos. Los datos de incidencia y eficacia tomados en porcentaje (%) fueron transformados para aproximar la distribución a una normal; para transformar los datos se obtiene el arco seno (inverso del seno) de la raíz de la proporción ($\arcsen \sqrt{p}$), siendo p es el valor proporcional de los datos originales (los porcentajes deben dividirse entre 100).

6.10.2 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE

Se realizó un análisis epidemiológico de la incidencia de (*Fusarium* spp.) utilizando el parámetro Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) a través del método de Trapecio.

El análisis epidemiológico del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad se realizó por medio de la hoja ABCPE-n ver 2.0 elaborada por el Colegio de Postgraduados de Montecillo. En la cual se introducen los datos de incidencia en porcentaje tomadas en campo, el tiempo entre cada muestreo y los tratamientos evaluados. Seguido, la hoja de cálculo despliega el área parcial de la enfermedad y el área total en forma de gráfico con la figura del trapecio.

6.10.3 Correlación y modelo de regresión lineal del rendimiento (kg/ha) vs incidencia de (*Fusarium spp.*)

Se determinó la relación existente entre el rendimiento del cultivo de berenjena (kg/ha) y la incidencia presente de (*Fusarium spp.*) en la plantación a través del coeficiente de correlación de Pearson y además se realizó el modelo de regresión lineal que mejor describa dicha relación entre ambas variables.

Para determinar el valor de correlación y el modelo de regresión lineal de las variables rendimiento (kg/ha) de berenjena (*S. melongena*) e incidencia de (*Fusarium spp.*) se utilizó el programa estadístico Minitab 15 ®.

6.10.4 Análisis económico

Para efectos de esta investigación se realizó, un análisis financiero de relación beneficio/costo. Los tratamientos de la investigación fueron evaluados para determinar cuál de estos genera un mayor beneficio en relación a los demás.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Incidencia de (*Fusarium spp.*)

La incidencia se utilizó para medir el nivel de daño que causó la enfermedad (*Fusarium spp.*) en el cultivo de berenjena, para ello se determinó de acuerdo a la formula descrita anteriormente. Se realizó muestreos quincenales durante todo el periodo de investigación, posteriormente se realizó un análisis de varianza con 95% de confiabilidad para determinar si existió diferencia estadística entre tratamientos, los resultados obtenidos fueron transformados para asegurar normalidad, los cuales se presentan en el cuadro 5:

Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable incidencia utilizando (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) para el control de (*Fusarium spp.*) en berenjena.

FV	GL	SC	CM	P>F
TRT	2	1868.03125	934.015625	0.000**
Bloques	6	982.976563	163.829422	0.19
Error	12	220.035156	18.336264	
Total	20	3071.042969		

CV= 10.14%

Se determinó que el coeficiente de variación fue 10.14% lo que significa que el experimento fue bien manejado y los datos confiables. Se pudo determinar que existió diferencia estadística significativa en cuanto al uso de diferentes biocontroladores para la variable incidencia. Por lo tanto se acepta la hipótesis alterna, ya que existe diferencia en relación al porcentaje de incidencia de (*Fusarium spp.*) por lo cual se realizó una prueba de Tukey con una significancia del 95% para determinar el o los mejores tratamientos. Los datos se presentan a continuación:

Cuadro 6. Prueba de Tukey de la variable incidencia utilizando (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) para el control de (*Fusarium spp.*) en berenjena.

Tratamiento	Incidencia (%)	Literal
(<i>Trichoderma harzianum</i>)	33.3286	A
(<i>Bacillus subtilis</i>)	38.0857	A
Testigo	55.3001	B

El testigo fue quien presentó mayor incidencia, con 55.2857% de plantas enfermas, mientras que los biocontroladores (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) mostraron 33.3286% y 38.0857% respectivamente, por lo tanto el uso de dichos agentes biológicos si disminuye significativamente la incidencia, por lo tanto si produce un efecto controlador sobre la enfermedad. (Ver figura 16 y 17).

La siguiente gráfica muestra la tendencia de la incidencia de (*Fusarium spp.*) durante las 12 lecturas tomadas quincenalmente durante toda la investigación:

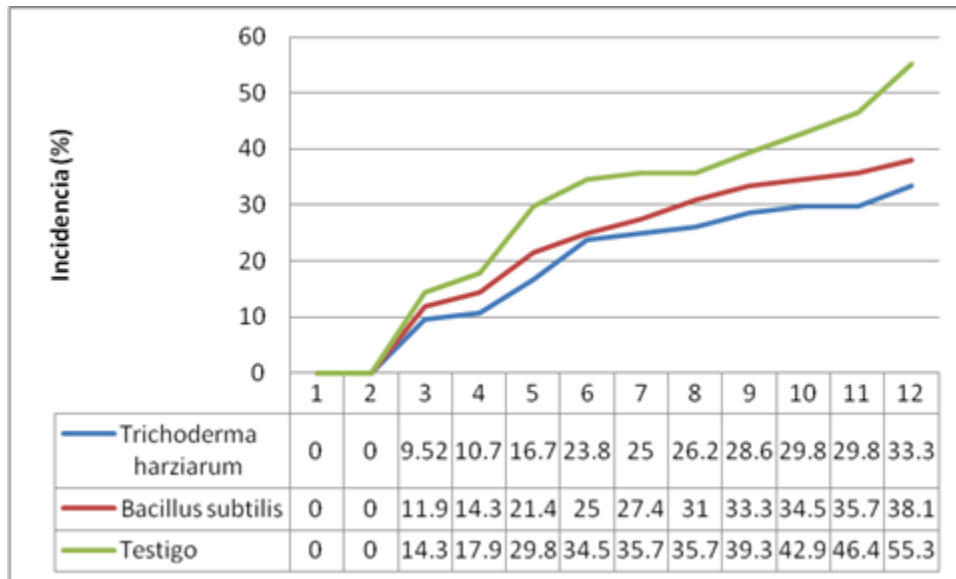


Figura 4: Tendencia promedio de incidencia (%) de (*Fusarium spp*) utilizando (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*)

De acuerdo a la línea de tendencia, esta obedece a un crecimiento sostenido durante las 12 lecturas que se tomaron datos, las lecturas se tomaron a cada 15 días, esto fue similar durante las primeras 3 lecturas, hasta que los biocontroladores hicieron efecto, obteniendo así una diferencia marcada a partir de la lectura 5, donde el uso de dichos agentes biológicos detuvo significativamente la incidencia de (*Fusarium spp.*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*).

Posteriormente en la lectura 8 se puede observar que el testigo detiene el aumento porcentual de incidencia, posiblemente asociada a las condiciones climáticas del momento ya que la incidencia donde se utilizó (*Trichoderma harzianum*) también

manifestó dicha tendencia, por último en la lectura 12 se acentúa aún más, obteniendo una incidencia de 33.33% en (*Trichoderma harzianum*), 38.09% en (*Bacillus subtilis*) y 55.30% en el testigo (Figura 18 y 19), siendo esa diferencia estadísticamente significativa tal y como se observó y discutió en la prueba de Tukey anterior.

7.2 Eficacia de los biocontroladores

La eficacia demuestra el efecto que tienen los biocontroladores sobre el desarrollo epidemiológico de (*Fusarium spp.*). Para ello se tomó la formula descrita anteriormente y se determinó la eficacia comparada con el testigo. Se realizó el análisis de varianza de la variable eficacia, los datos obtenidos fueron transformados para asegurar la normalidad de los mismos para el ANDEVA, los cuales se detallan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza de la variable eficacia utilizando (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) para el control de (*Fusarium spp.*) en berenjena

FV	GL	SC	CM	P>F
TRT	2	6292.129883	3146.064941	0.000**
Bloques	6	781.8642	130.310715	0.197
Error	12	7977.344727	75.279213	
Total	20			

CV= 26.35%

El coeficiente de variación fue 26.35% por lo tanto los datos son confiables, además se determinó que existe diferencia estadística significativa en cuanto a los tratamientos, por lo tanto el uso de biocontroladores si denotan una diferencia en el porcentaje de eficacia en cuanto al testigo, por lo cual se acepta la hipótesis alterna.

Se realizó la prueba de Tukey para determinar la diferencia estadística significativa. Los datos se detallan a continuación:

Cuadro 8. Prueba de Tukey de la variable eficacia utilizando (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) para el control de (*Fusarium sp.*) en berenjena (*S. melongena*).

Tratamiento	EFICACIA (%)	Literal
(<i>Trichoderma harzianum</i>)	40.5143	A
(<i>Bacillus subtilis</i>)	31.0857	A
Testigo	0.000	B

De acuerdo a la prueba de Tukey no existe diferencia estadística significativa entre los biocontroladores (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*), únicamente existió diferencia con respecto al testigo, sin embargo el valor de este último es 0.00% pues fue utilizado para determinar la eficacia de los dos primeros tratamientos, tal y como se describió en la fórmula de eficacia presentada anteriormente.

La siguiente figura muestra el comportamiento de la eficacia de los productos de control biológico durante la investigación:

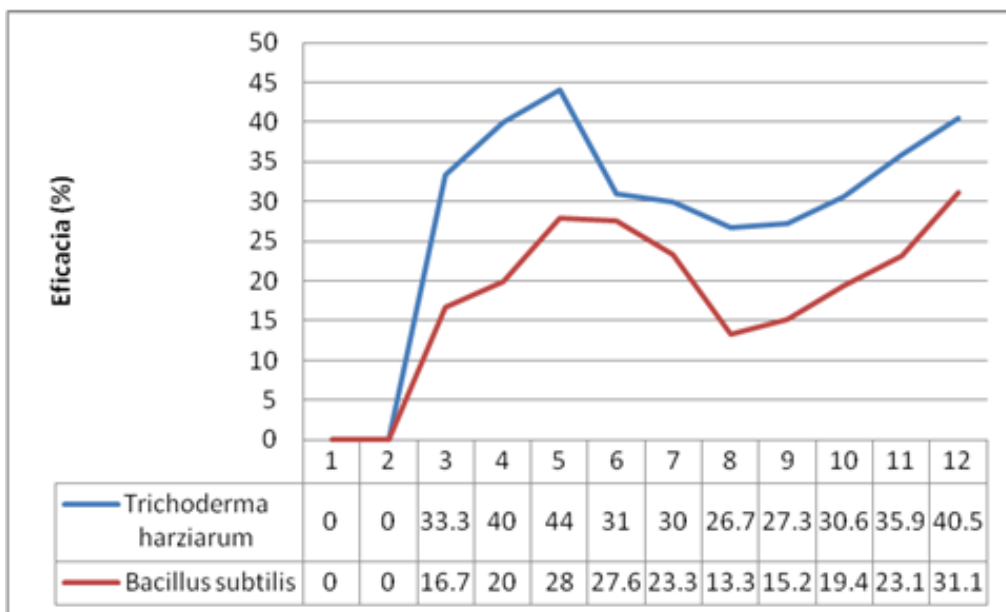


Figura 5: Tendencia promedio de eficacia (%) para el control de (*Fusarium spp.*) utilizando (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*).

De acuerdo a la figura anterior se puede observar que la eficacia fue 0% durante las primeras dos lecturas, sin embargo a partir de la lectura 3 la eficacia fue mayor, obteniendo valores que alcanzó el 44% en la lectura en *Trichoderma harzianum*, mientras que el valor más alto para *Bacillus subtilis* fue 28% en la misma lectura, posteriormente se observó un descenso de eficacia en la lectura 8 para obtener finalmente una eficacia de 40.5% y 31.1% respectivamente.

Debido a los resultados obtenidos en la eficacia de (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) para el control biológico de (*Fusarium sp.*) en berenjena (*S. melongena*), surgió una sub-hipótesis que pretende probar si existía diferencia estadística significativa entre estos dos tratamientos, por lo que se analizó por medio de contrastes ortogonales

Cuadro 9. Resumen del análisis de contrastes ortogonales para la eficacia de (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) para el control de (*Fusarium spp.*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*).

F. V	G. L.	S.C.	C. M.	FC	FT
Tratamientos	2	6292.1298	3146.065	41.79 ^{NS}	5.14
<i>Trichoderma</i>	1	284.810	284.810	3.78 *	5.99
<i>Bacillus</i>	1	14.810	14.810	0.19 *	5.99
Error	12	7977.3447	75.2792		

Al realizar el contraste, encontramos que tanto (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) muestran significancia en el control de (*Fusarium sp.*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*), por lo que se acepta la subhipótesis. Existe diferencia estadística significativa en la eficacia de los tratamientos *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* utilizados, en relación con el testigo.

Estadísticamente la mejor eficacia en el control de *Fusarium spp.*, se logra con el uso de (*Trichoderma harzianum*).

7.3 Rendimiento en kg/ha

El rendimiento de berenjena (*S. melongena*) se determinó durante la época de cosecha en kg/ha (figura 21), los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 10 junto con los promedios de cada tratamiento.

Cuadro 10. Rendimiento en kg/ha para cada tratamiento evaluado en el cultivo de berenjena (*S. melongena*), La Blanca, San Marcos.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V	Bloque VI	Bloque VII	Promedio
<i>Trichoderma</i>	35,629.21	28,566.92	31,565.66	33,518.52	30,452.44	35,690.24	34,606.48	32,861.3516
<i>Bacillus</i>	28,703.70	27,535.77	31,102.69	25,368.27	30,860.69	31,954.97	29,166.67	29,241.8229
Testigo	19,739.06	21,738.22	13,520.62	18,560.61	19,570.71	17,361.11	20,307.24	18,685.3652

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza los cuales se determinan a continuación:

Cuadro 11: Análisis de varianza de la variable rendimiento utilizando (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) para el control de (*Fusarium spp.*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*), La Blanca, San Marcos.

FV	GL	SC	CM	P>F
Tratamientos	2	705193984	352596992	0.002**
Bloques	6	50013008	83356504	0.059ns
Error	12	354522112	29543510	
Total	20	2.0156E+11		

Ns= No significativo al 5% de probabilidad de error

C.V. = 21.26 %

** Altamente significativo al 5% de probabilidad de error

De acuerdo al coeficiente de variación se determinó que este fue 21.26%, por lo tanto los datos son aceptables y se concluye que el manejo del experimento fue el adecuado.

Se determinó que existe diferencia estadística significativa en cuanto a tratamientos, por lo tanto el uso de (*Trichoderma harzianum*), y (*Bacillus subtilis*) si influye sobre el rendimiento de berenjena (*S. melongena*).

Se realizó una prueba de Tukey de las medias obtenidas del rendimiento por tratamiento utilizando una probabilidad $\alpha = 0.05$. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Prueba de Tukey de la variable rendimiento utilizando (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) para el control de (*Fusarium* spp.) en berenjena

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Literal
(<i>Trichoderma harzianum</i>)	32861.3516	A
(<i>Bacillus subtilis</i>)	29,241.8229	AB
Testigo	18685.3652	B

Se pudo observar que existió mayor rendimiento utilizando (*Trichoderma harzianum*) ya que se obtuvo 32861.3516 kg/ha, con el uso de (*Bacillus subtilis*) se obtuvo 29,241.8229 kg/ha, contrastando así con el rendimiento obtenido por el testigo, donde no se realizó la aplicación de ningún biocontrolador, donde el rendimiento obtenido fue 18685.3652 kg/ha siendo estadísticamente diferente al rendimiento obtenido por los biocontroladores (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*). La siguiente figura hace una comparación de los rendimientos obtenidos:

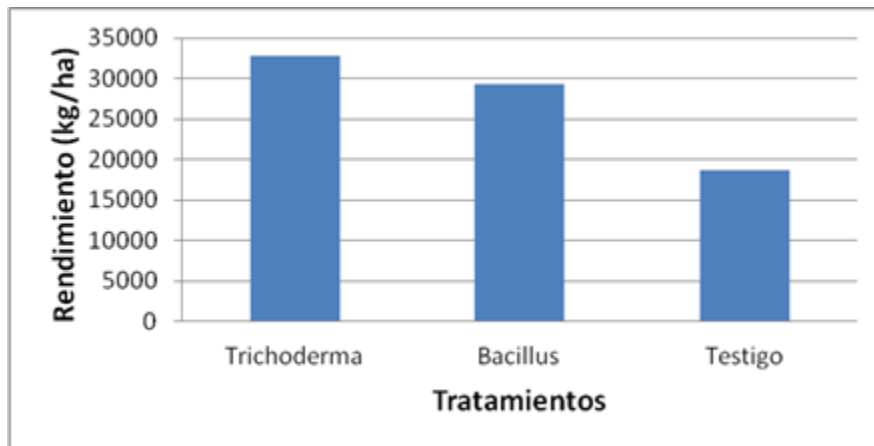


Figura 6: Rendimiento de acuerdo al uso de biocontroladores para el control de (*Fusarium*) en el cultivo de berenjena, La Blanca, San Marcos.

Lo anterior concuerda por lo descrito por Pérez *et al* (2009) quien utilizó (*Trichoderma harzianum*) para el control de (*Fusarium oxysporum*) en plantas de banano. La aplicación del biocontrol una semana antes de la inoculación brindó un control completo. La aplicación de 20 g/planta de un formulado con 8×10^9 conidias/ml al plantar, y después de eliminar plantas enfermas, brindó un control superior al 95% en parcelas previamente destruidas por la enfermedad en suelos conducibles de plantaciones comerciales.

7.4 Análisis de regresión y coeficiente de correlación de Pearson

7.4.1 Rendimiento vs Incidencia del tratamiento (*Trichoderma harzianum*).

Se correlacionó las variables rendimiento e incidencia para determinar si existió una relación de dependencia utilizando el biocontrolador (*Trichoderma harzianum*), para ello se analizó los datos obtenidos de los rendimientos de las plantas sometidas a dicho tratamiento y se correlacionó a través del coeficiente de Pearson utilizando el programa Minitab 15®.

Se determinó que el coeficiente de correlación de Pearson de rendimiento e incidencia fue -0.91, siendo esto una alta relación de dependencia inversa debido a que a mayor incidencia, los rendimientos son menores.

Debido a que se encontró correlación entre dichas variables se realizó el modelo de regresión lineal y la gráfica de línea ajustada, presentando los resultados a continuación:

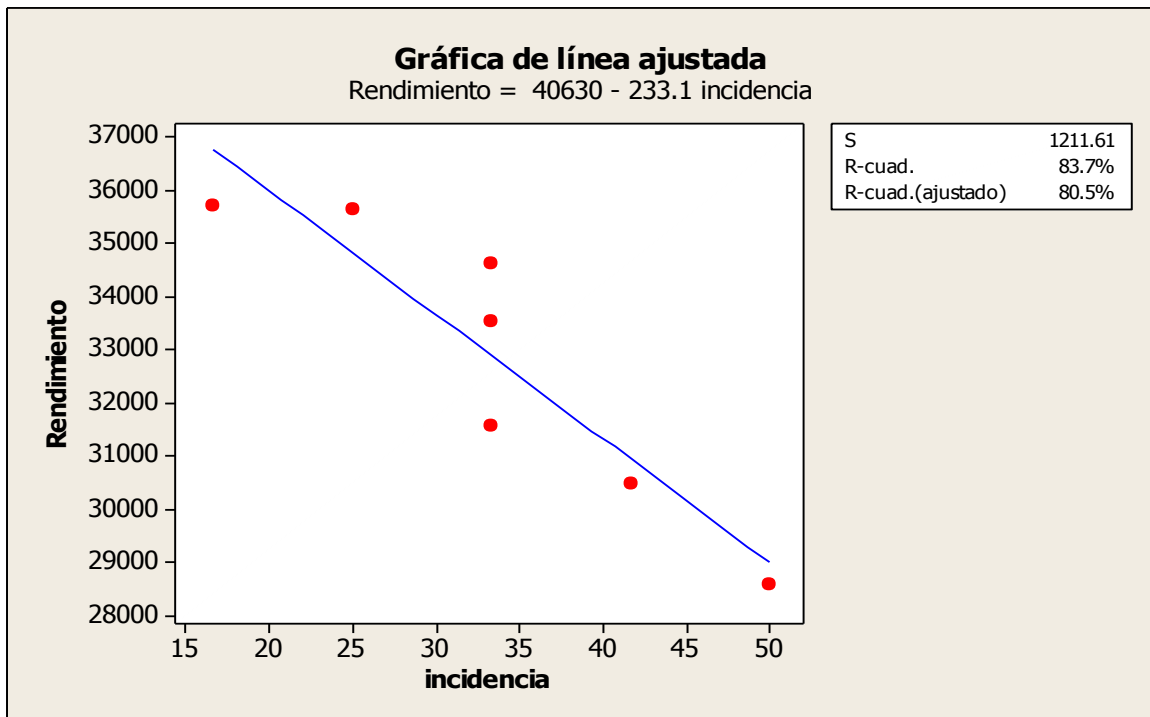


Figura 7: Modelo de regresión lineal de la variable rendimiento vs incidencia del tratamiento (*Trichoderma harzianum*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*).

El modelo de regresión para dichas variables es:

$$\text{Rendimiento} = 40630 - (233.1)(\% \text{ de incidencia})$$

7.4.2 Rendimiento vs eficacia del tratamiento (*Trichoderma harzianum*)

Se correlacionó las variables eficacia vs rendimiento en el tratamiento (*Trichoderma harzianum*) para determinar si existe o no relación de dependencia. Se determinó el coeficiente de correlación fue $r = 0.92$ por lo que estadísticamente se puede concluir que existe una alta relación de dependencia entre variables, por lo tanto se puede inferir en que la eficacia de (*Trichoderma harzianum*) en la epidemiología de (*Fusarium spp.*) si influye directamente en el rendimiento del cultivo de berenjena (*S. melongena*).

Se realizó el modelo de regresión de acuerdo a los datos obtenidos en la investigación y este es: $\text{Rendimiento} = -78.28 (\text{eficacia})^2 + 5656 (\text{eficacia}) - 66283$, tal y como se puede observar en la siguiente gráfica de la curva de regresión ajustada.

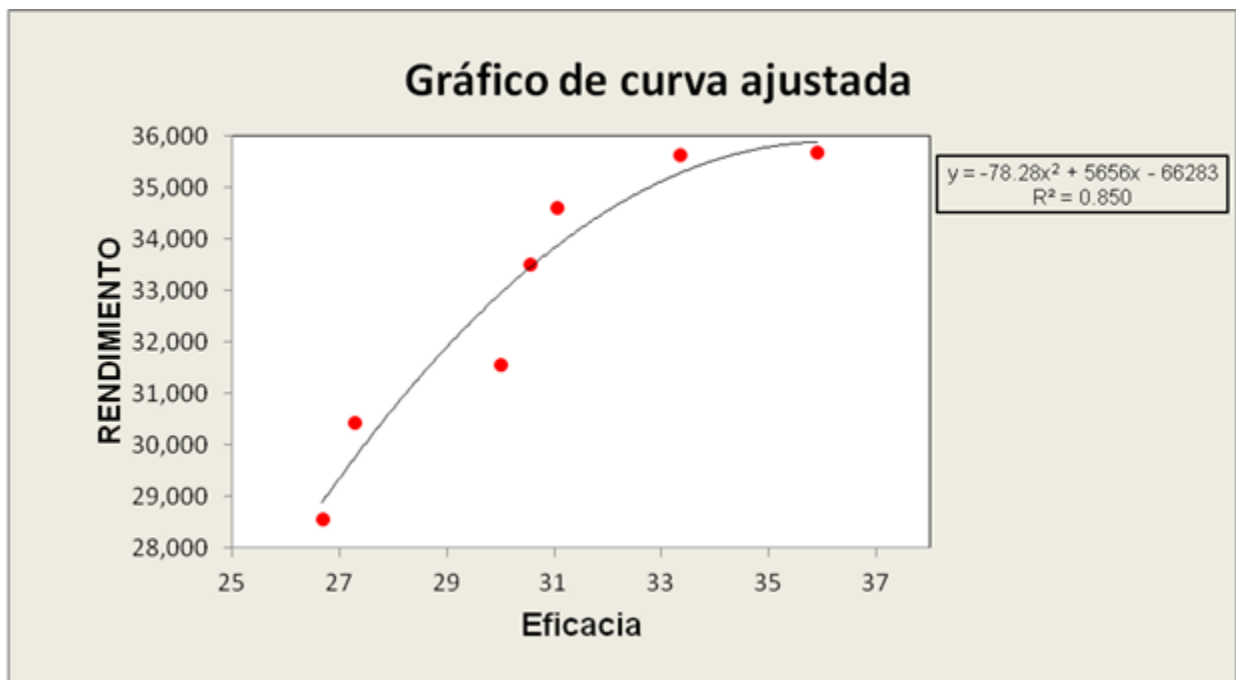


Figura 8: Modelo de regresión cuadrática de la variable rendimiento vs efectividad del tratamiento (*Trichoderma harzianum*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*).

De acuerdo a lo anterior se puede observar que los valores encontrados en la investigación siguen la curva de tendencia mostrada por el modelo de regresión establecido por lo tanto existe relación de dependencia, además se puede observar que esta relación es directamente proporcional de tal forma que a mayor eficacia, mayor será el rendimiento (kg/ha) del cultivo de berenjena.

7.4.3 Rendimiento vs Incidencia del tratamiento (*Bacillus subtilis*)

En el tratamiento (*Bacillus subtilis*) se determinó que el coeficiente de correlación de Pearson es $r = -0.88$ mostrando una relación de dependencia entre dichas variables rendimiento vs incidencia.

Por lo tanto el modelo de regresión lineal: $\text{Rendimiento} = -552.05 (\text{incidencia}) + 47333$ indica que la dependencia es inversa, a mayor incidencia, menor rendimiento. El 78% del rendimiento depende de la incidencia de (*Fusarium spp.*), el otro 22% restante depende de otros factores tales como temperatura, viento, humedad relativa, virulencia del patógeno, susceptibilidad del cultivo, manejo del experimento etc.

Con los datos de la investigación se realizó el modelo de regresión lineal y la gráfica de línea ajustada que se detalla en la siguiente gráfica.

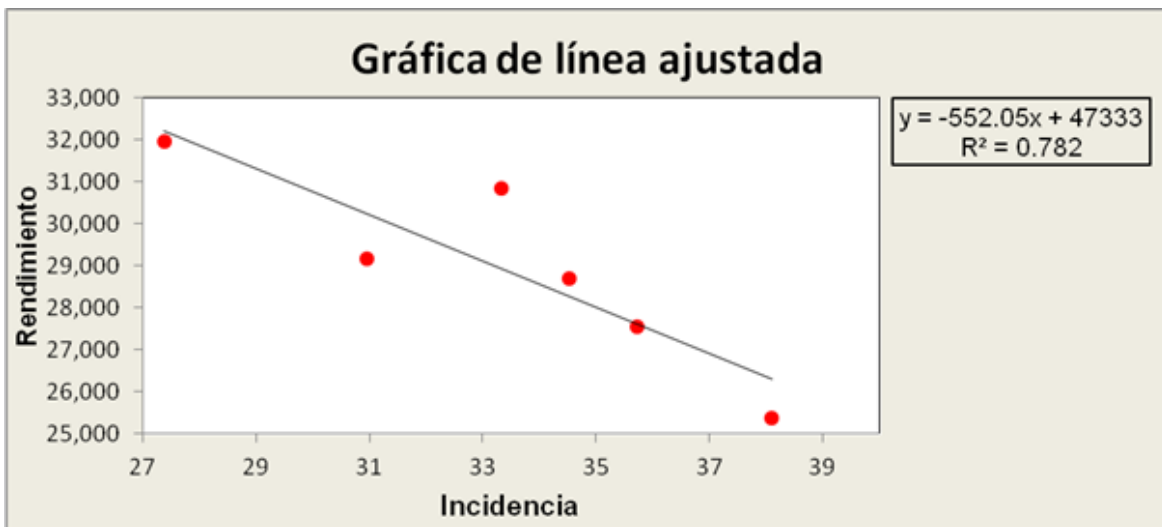


Figura 9: Modelo de regresión lineal de la variable rendimiento vs incidencia del tratamiento (*Bacillus subtilis*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*).

En la figura anterior se puede observar que los valores se encuentran dispersos pero siguen la tendencia lineal de dependencia tal como se observó en el manejo del experimento, ya que por tratarse de productos biológicos la eficacia se debilita por la acción del patógeno, las condiciones climáticas y las labores culturales.

7.4.4 Rendimiento vs Eficacia del tratamiento (*Bacillus subtilis*)

La eficacia está relacionada con la incidencia del tratamiento y su comparación con el testigo, por lo tanto relaciona dos tratamientos de forma simultánea. En el caso de la correlación utilizando el coeficiente de Pearson se determinó que fue $r = 0.82$ por lo tanto se puede determinar que existe una alta relación de dependencia entre dichas variables.

El modelo de regresión para estas variables es:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = -16.586(\text{eficacia})^2 + 1108.4(\text{eficacia}) + 12588$$

En la siguiente gráfica de curva ajustada se puede observar el comportamiento de las variables descritas:

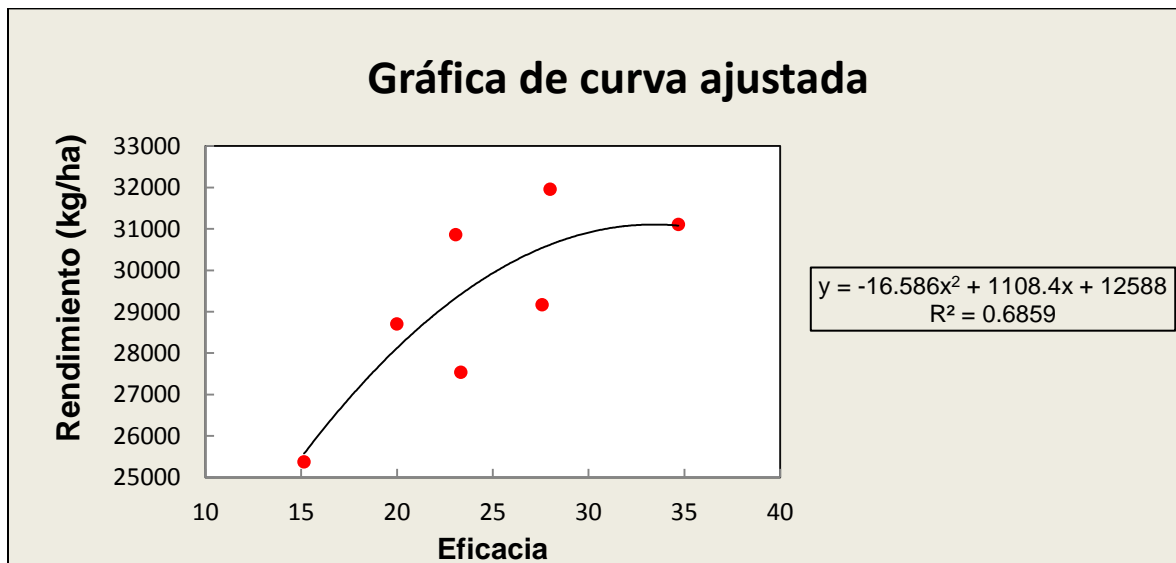


Figura 10: Modelo de regresión polinómica de la variable rendimiento vs efectividad del tratamiento (*Bacillus subtilis*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*).

El modelo de regresión anterior demuestra una relación de dependencia directamente proporcional, ya que a mayor porcentaje de eficacia, el rendimiento será mayor, además los valores se encuentran muy cercanos a la línea de tendencia propuesta por el modelo de regresión polinómica.

7.4.5 Rendimiento vs Incidencia de testigo.

También se realizó una correlación de Pearson entre rendimiento y testigo para determinar la relación de dependencia entre dichas variables, mostró una tendencia similar a los tratamientos donde se utilizaron biocontroladores en (*Fusarium spp*) principalmente donde se utilizó (*Trichoderma harzianum*), se pudo determinar que existió una alta relación de dependencia ya que el coeficiente de correlación fue $r= 0.93$. Esto demuestra que esta enfermedad puede causar bajas importantes de rendimiento si no se controla.

La siguiente gráfica de línea ajustada muestra la línea de tendencia del modelo de regresión y la dispersión de los valores.

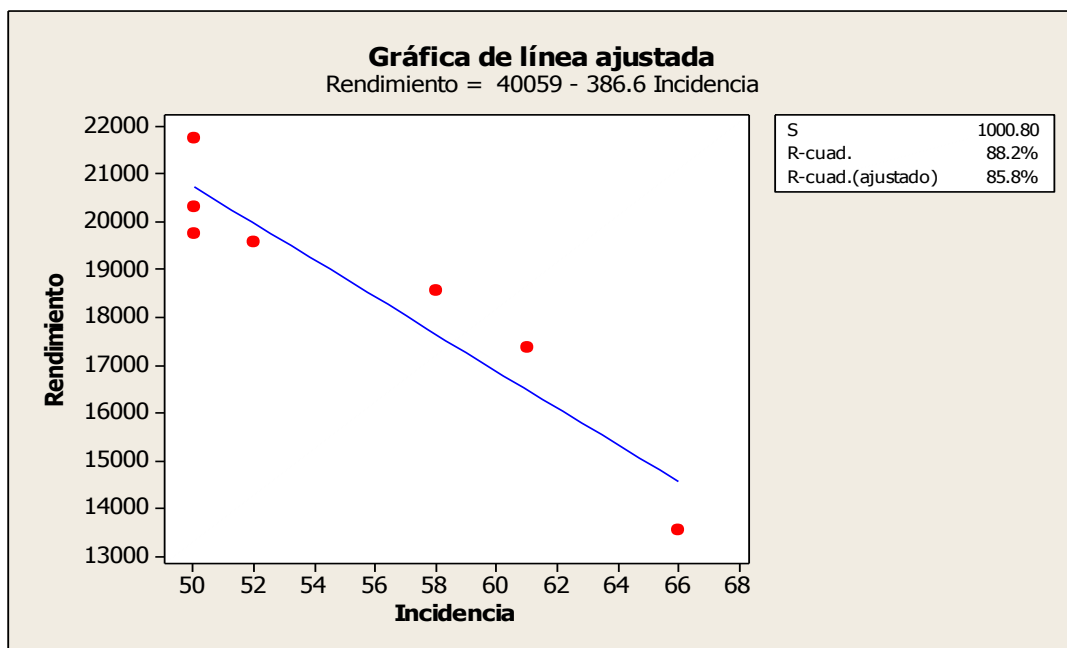


Figura 11: Modelo de regresión lineal de la variable rendimiento vs incidencia del tratamiento testigo en el cultivo de berenjena (*S. melongena*).

El modelo de regresión que se propone para ambas variables es:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = 40059 - (386.6) (\% \text{ incidencia}).$$

7.5 Área Bajo La Curva Del Progreso de la Enfermedad -ABCPE- de (*Fusarium*)

Cuando se analiza una enfermedad existe un potencial en el uso de diferentes modelos que tratan de interpretar el comportamiento epidemiológico de una enfermedad, debido a que se pretende realizar la descripción de una enfermedad a nivel de poblaciones o comunidades.

Debido a que las poblaciones están formadas por una gran cantidad de individuos, es imposible determinar que ocurre con individuos aislados, por lo tanto se debe realizar modelos que den más información acerca del comportamiento de la enfermedad tales como el modelo integral denominado ABCPE la cual pretende representar la totalidad del comportamiento de (*Fusarium* spp.) a lo largo de todo el ciclo de cultivo de berenjena (*S. melongena*). Para determinar el ABCPE se utilizaron los siguientes datos de incidencia:

Cuadro 13. Porcentajes de incidencia de (*Fusarium* spp.) para los tratamientos (*Trichoderma harzianum*), (*Bacillus subtilis*) y testigo.

Lectura	(<i>Trichoderma harzianum</i>) (%)	(<i>Bacillus subtilis</i>) (%)	Testigo (%)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	9.523809524	11.9047619	14.2857143
4	10.71428571	14.28571429	17.8571429
5	16.66666667	21.42857143	29.7619048
6	23.80952381	25	34.5238095
7	25	27.38095238	35.7142857
8	26.19047619	30.95238095	35.7142857
9	28.57142857	33.33333333	39.2857143
10	29.76190476	34.52380952	42.8571429
11	29.76190476	35.71428571	46.4285714
12	33.33333333	38.0952381	55.3333333

Se realizó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad utilizando el método del trapecio, los resultados fueron:

Cuadro 14. Cálculo de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) utilizando el método del trapecio.

Tratamientos	ABCPE total
(<i>Trichoderma harzianum</i>)	3500.00
(<i>Bacillus subtilis</i>)	4089.29
(Testigo)	5276.40

Lo anterior demuestra que el testigo obtuvo un área de 5276.40, por lo que casi duplica lo obtenido por (*Trichoderma harzianum*), donde el área obtenida fue 3500, mientras que (*Bacillus subtilis*) obtuvo un área total de 4089.29, siendo por lo tanto (*Trichoderma harzianum*) el tratamiento que controló mejor a (*Fusarium spp.*) en el cultivo de berenjena (*S. melongena*) en La Blanca, San Marcos. Lo anterior se complementa por lo descrito anteriormente en cuanto a incidencia, eficacia, rendimiento y correlación entre dichas variables para cada uno de los tratamientos, demostrando así que (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus subtilis*) mantienen menores ABCPE que el testigo, siendo efectivo dichos biocontroladores.

La siguiente figura muestra el ABCPE de los tres tratamientos durante todo el ciclo de cultivo de berenjena:

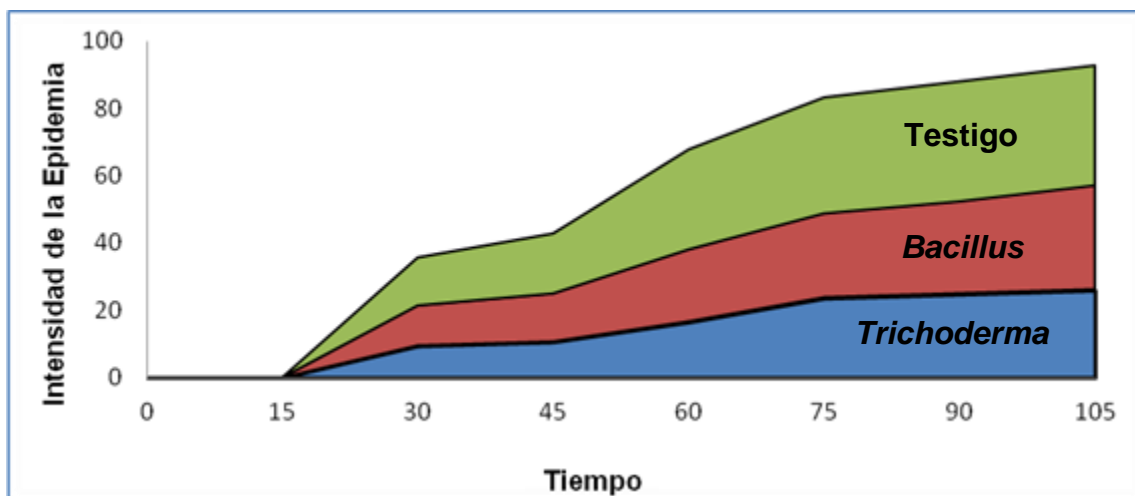


Figura 12: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la variable incidencia durante la investigación.

Se puede concluir por lo tanto que existe una diferencia entre el testigo, y los biocontroladores, como se puede observar en la figura anterior, además el comportamiento de la enfermedad fue similar a lo largo de todo el ciclo, pudiendo observarse una menor agresividad a los 45 días, aumentando bruscamente hasta los 75 días, momento en el cual las plantas se encuentran en floración por lo cual se deduce un mayor susceptibilidad, para posteriormente mantener un crecimiento constante hasta los 105 días. Esto pudo demostrarse gracias al cuadro comparativo descrito arriba. Asimismo se puede notar que el momento donde se detuvo la agresividad de (*Fusarium* spp.) fue al momento de la aplicación de los biocontroladores, por lo cual la aplicación de los biocontroladores deben de estar de acuerdo al desarrollo fisiológico del cultivo, en este caso durante el inicio de la floración y al inicio de la cosecha, ello debido a lo visto en campo.

El resultado es idéntico casi en todo sentido; comparando los valores de Probabilidad de F de los diferentes análisis de varianza realizado, la separación de medias por prueba de Tukey utilizando 95% de confianza y el ABCPE, donde los biocontroladores demostraron controlar la enfermedad respecto al testigo donde no se realizó ninguna aplicación para el control de (*Fusarium* spp.) en berenjena (*S. melongena*).

7.6 Análisis económico

Para el análisis económico se tomaron en cuenta los costos realizados en cada tratamiento; así también el ingreso proyectado para una producción en kilogramos por hectárea. El indicador económico elegido fue la relación Beneficio/Costo.

En el siguiente cuadro se presentan los costos de producción de berenjena para cada tratamiento.

Cuadro 15: Costos de producción para cada tratamiento en el cultivo de berenjena

Tratamiento	Costo/ha
(<i>Trichoderma</i>)	Q. 9,9071.85
(<i>Bacillus</i>)	Q. 9,8281.65
Testigo	Q. 9,7596.25

La diferencia en costos fue debido al precio de cada producto utilizado, así como su respectiva aplicación.

Así mismo el cuadro 16 presenta los ingresos obtenidos por la comercialización de los frutos de berenjena, el rendimiento en cajas y el precio.

Cuadro 16: Ingresos obtenidos por cada tratamiento

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Promedio de cajas/tratamiento	Precio/caja	Ingresos
<i>(Trichoderma)</i>	32,861.3516	2347.2394	Q. 94.57	Q. 221,978.43
<i>(Bacillus)</i>	29,241.8229	2088.7014	Q. 94.57	Q. 197,528.49
Testigo	18,685.3652	1334.6689	Q. 94.57	Q. 126,219.64

En base a los costos e ingresos obtenidos, se realizó el análisis de beneficio/costo para cada tratamiento, los cuales se detallan en el cuadro 17.

Cuadro 17: Relación beneficio/costo, para el rendimiento en kg/ha de berenjena.

Tratamiento	Costos/ha	Ingresos/ha	Beneficio/Costo
<i>(Trichoderma)</i>	Q. 99,071.85	Q. 221,978.43	2.24
<i>(Bacillus)</i>	Q. 98,281.65	Q. 197,528.49	2.00
Testigo	Q. 97,596.25	Q. 126,219.64	1.29

El cuadro anterior muestra el beneficio/costo para cada tratamiento evaluado para el control de (*Fusarium* spp.) siendo el tratamiento de (*Trichoderma harzianum*) el que presenta el mayor beneficio.

De manera que utilizar (*Trichoderma harzianum*) como biocontrolador de (*Fusarium* spp.) supera en beneficio/costo a (*Bacillus subtilis*) y al tratamiento testigo tomando valores mayores a 1, lo que significa que la rentabilidad es adecuada.

VIII. CONCLUSIONES

- Se estableció la incidencia de (*Fusarium* spp.) para los tratamientos (*Trichoderma harzianum*), (*Bacillus subtilis*) y testigo obteniendo 33%, 38% y 55% respectivamente. Aceptándose la hipótesis alternativa, ya que el porcentaje de incidencia de (*Fusarium* spp.) en berenjena (*S. melongena*) fue diferente para cada tratamiento.

- De acuerdo a la variable eficacia se demostró mediante el análisis de varianza, la prueba de medias y el ABCPE que existió diferencia estadística entre los biocontroladores utilizados para el control de (*Fusarium* spp.) aceptándose la hipótesis alternativa, siendo (*Trichoderma harzianum*) el tratamiento que mayor eficacia tuvo sobre el control de (*Fusarium* spp.).

- Al analizar la variable rendimiento, si existió diferencia estadística entre los tratamientos (*Trichoderma harzianum*), (*Bacillus subtilis*) y testigo siendo los rendimientos: 32,861.3516 kg/ha, 25145.3945 kg/ha, 18685.3652 kg/ha respectivamente por tal motivo se acepta la hipótesis alterna, ya que (*Trichoderma harzianum*) aumentó considerablemente la producción con respecto al testigo.

- De acuerdo con los análisis de regresión y coeficiente de correlación de Pearson si existió una relación de dependencia entre las variables rendimiento, incidencia y eficacia para los tratamientos evaluados, por lo cual se concluye que a mayor incidencia de (*Fusarium* spp.) menores son los rendimientos obtenidos, como se demostró en el tratamiento utilizado como testigo.

- El tratamiento (*Trichoderma harzianum*) tuvo mayor influencia en el análisis beneficio/costo con una relación 1.24:1. Siendo este el mejor biocontrolador de (*Fusarium* spp.) bajo las condiciones de la Blanca, San Marcos.

IX. RECOMENDACIONES

- Utilizar (*Trichoderma harzianum*) para el control biológico de (*Fusarium* spp.) en berenjena (*Solanum melongena*), ya que representa el mayor beneficio/costo.
- Realizar un estudio que implique disminuir el intervalo de aplicación de (*Trichoderma harzianum*) para evaluar la dinámica epidemiológica de (*Fusarium* spp.) en frecuencias menores de aplicación.
- Inocular semillas del cultivo de berenjena (*Solanum melongena*) con (*Trichoderma harzianum*) y evaluar la eficacia en la epidemiología de (*Fusarium* spp.)
- Realizar nuevas evaluaciones en campo para comparar la eficacia de nuevos biocontroladores con respecto a (*Trichoderma harzianum*) para el control de (*Fusarium* spp.) en el cultivo de berenjena (*Solanum melongena*).

X. BIBLIOGRAFIA

- Aciego, J. (2006). *Efecto rizosfera del cultivo de maíz sobre algunas poblaciones microbianas y características químicas de un suelo tropical*. Venezuela.
- Agrios, G. N. (1998). *Fitopatología 2da. Edición 4ta. impresion*. México, D.F.: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- Alexopoulos, C., Mims, C., & Blackwell, M. (1996). *Introductory Mycology 4ta. Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Alvillo, E. E. (03 de Septiembre de 2012). Cultivos Orientales, en Parcelamiento la Blanca. (B. A. Santema, Entrevistador)
- Andalucia, J. d., & UE. (27 de Enero de 2012). *Protocolo de campo para el seguimiento del cultivo de berenjena*. Recuperado el 23 de Octubre de 2012, de www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca.com
- Argueta M., A. H. (1990). *Diagnostico del cultivo de platano (Musa paradisiaca L.) con riego de la direccion tecnica de riego y avenamiento (DIRYA)* . San Marcos, Guatemala: USAC.
- BANGUAT. (01 de Febrero de 2012). *Banco de Guatemala*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2012, de Exportaciones realizadas: http://www.banguat.gob.gt/estaeco/ceie/hist/pdfs/2011/TA/kG-116_2011.pdf
- Cáceres, E. (1984). *Producción de hortalizas 3 ed.* . San José, Costa Rica: IICA, (Libros y Materiales Educativos).
- Calvo, P., & Zuñiga, D. (2010). *Caracterización Fisiológica de Cepas de Bacillus spp. Aisladas de la Rizósfera de papa (Solanun tuberosum)*. Lima-Perú: Universidad Agraria La Molina.
- Casaca, Á. D. (Abril de 2005). *Secretaria de Agricultura y Ganadería*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2012, de Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales "El Cultivo de la Berenjena" 3: <http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro/Cadenas%20Agro/Hortofruticola/OtraInfo/GuiaHortalizas/Berenjena.pdf>
- Chávez, M. P. (2006). *PRODUCCIÓN DE Trichoderma sp. Y EVALUACIÓN DE SU EFECTO EN CULTIVO DE CRISANTEMO (Dendranthema grandiflora)*. Bogotá, D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.

- De la Cruz S., J. R. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal.
- De la Cruz, J., Pintor-Toro, J., Benitez, T., & Llobell, A. (1995). *Purification and characterization of an Endo - β - 1,6 - Glucane from Trichoderma harzianum that is related to its mycoparasitism*. (Vol. Vol. 177. No. 7). Journal of Bacteriology.
- Días, T., & Salas, J. (1995). *Producción de hortalizas. 2 ed.* Maracay, Venezuela: Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Lara.
- El Exito, A. (12 de Octubre de 2010). *Agropecuaria el Exito*. Recuperado el 08 de Septiembre de 2012, de www.agropecuariaelxito.com
- El Sol, A. (26 de Junio de 2012). *Agricola El Sol Guatemala*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2012, de [Subsol 0,08 SC: Agricolaelsol.com](http://Subsol0,08SC:Agricolaelsol.com)
- Espinoza, F. (2005). *Caracterización del proceso de crecimiento de Bacillus subtilis bajo condiciones anaerobias*. Cuernavaca, Morelos: UNAM.
- Ezziyyani, M., Pérez, C., Ahmed, A., Requena, M., & Candela, M. (2004). *Trichoderma harzianum como biofungicida para el biocontrol de Phytophthora capsici en plantas de pimienta (Capsicum annuum L)*. Anales de Biología.
- FHIA, F. H. (2007). *Producción de Vegetales Orientales en Honduras*. Comayagua, Honduras: CEDA.
- Garret, S. D. (1981). *Soil fungi and Soil Fertility, An introduction to Soil Mycology*, 2da. Edition, Pergamon Press. Oxford. 150 pp.
- González, R. M., Castellanos, G. M., Ramos, F., & Pérez, G. (2005). *Efectividad del Trichoderma Spp. para el control de hongos patógenos de la semilla y el suelo en el cultivo de frijol*. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal.
- Griffin, D. M. (1972). *Ecology of Soil Fungi*. Syracuse University Press. 192 pp.
- Grondona, I., Hermosa, R., Tejada, M., Gomis, M., Mateos, P., Bridge, P., y otros. (1997). *Physiological and Biochemical Characterization of Trichoderma harzianum, a Biological Control Agent against Soilborne Fungal Plant Pathogens. Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 63, No. 8.
- Inbar, J., & Chet, I. (1997). *Lectins and biocontrol. Critical Reviews in Biotechnonology*.
- Izzeddin, N., & Medina, L. (2011). Efecto del control biológico por antagonistas sobre fitopatógenos en vegetales de consumo humano. *Solus Online*, 8-18.

- Lardizábal, R. D. (2007). *Manual de Producción de Berenjena (Solanum Melongena)*. La Lima, Cortes, Honduras: USAID-RED.
- Linares, J. C., Guillán, L. O., Oliva, P., Dueñas, J. M., Buides, J. F., & Ferrer, S. F. (2005). Estudios relacionados con el uso del *Bacillus subtilis* en el control de hongos fitopatógenos. *Revista Agrotecnia de Cuba*.
- Lumsden, R. D. (1981). Ecology of Mycoparasitism, in: *The Fungi Community. Its organization and Role in the Ecosystem*. Wicklow, D. T. y Carroll, G. C. (eds.), pp. 295-318. Mycology Series. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Lussenhop, J. (1981). Analysis of Microfungal Component Communities. In: *The Fungal Community. Its Organization and Role in the Ecosystem*. Wicklow. D. T. y Carroll, G. C. (eds.), pp. 37-45. Mycology Series. Marcel Dekker. Inc. New York.
- Michel, A. C. (2001). *CEPAS NATIVAS DE Trichoderma spp (EUASCOMYCETES: HYPOCREALES), SU ANTIBIOSIS Y MICOPARASITISMO SOBRE Fusarium subglutinans y F. oxysporum (HYPHOMYCETES: HYPHALES)* Tesis de Grado. Tecoman, Colima, México: Universidad de Colima.
- MINECO. (08 de Septiembre de 2008). Berenjena. Guatemala, Guatemala.
- Morales, J. P. (1994). *Fundación de Desarrollo Agropecuario Inc.* Recuperado el 03 de Septiembre de 2012, de Cultivo de Berenjena: <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/berenjena.pdf>
- Obreque, M. X. (2004). *Evaluación de aplicaciones preinfección del fungicida benomilo y del biocontrolador Trichoderma harzianum en el control de Fusarium sp. en Proteáceas*. Talca, Chile: Universidad de Talca.
- Ogawa, J. (1986). *Field test procedures for evaluation of fungicides to control Monilinia laxa on stone fruits*. In Hickey, Kenneth (Edit). *Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens*. American Phytopathological Society press.
- Papavizas, G.C., (1985). *Trichoderma and Gliocladium: Biology, ecology, and potential for biocontrol*. Annual Review of Phytopathology, 23. 23-54 pp. Manchester University Press
- Paredes-Escalante, J., & Carrillo-Fasio, J. A. (2008). Microorganismos Antagonistas para el Control del Complejo de Hongos Causantes de la Rabia del Garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Revista Mexicana de FITOPATOLOGIA*, 35.
- Pérez, L., Batlle, A., Chacón, J. & Montenegro, V. (2009). Eficacia de *Trichoderma harzianum* a34 en el biocontrol de *Fusarium oxysporum* f. Sp . cubense, agente causal de la marchitez por fusarium o mal de Panamá de los bananos en Cuba.

Recuperado 26 de Agosto de 2014. Sanidad Vegetal.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092009000400006.

- PHC, P. H. (29 de Enero de 2002). *Plant Health Care de Mexico*. Recuperado el 06 de Septiembre de 2012, de PHC T-22: <http://www.bioworksinc.com/products/t-22/t-22-mexico.pdf>
- Rodríguez, M. d. (2007). *Biodiversidad de los hongos fitopatógenos del suelo de México*. México.
- Saunders, J., Andrew, B., King, C., & Vargas, S. (1983). *Plagas de cultivos en América Central*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Simmons, C. H., Tarano, J. M., & Pinto, J. H. (1959). *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la republica de Guatemala*. Guatemala.
- Toledo Aguirre, L. G. (2004). *EVALUACION DEL EFECTO DE TRES PODAS EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BERENJENA (Solanum melongena L.), BAJO PRACTICAS ORGANICAS EN SAN JOSE LA ARADA, CHIQUIMULA*. Guatemala: USAC.
- Urrutia, M., Gómez, V., & Tello, J. (2004). *Servicio de Sanidad Vegetal*. Recuperado el 23 de Octubre de 2012, de www.juntadeandalucia.com
- Villa, P., Alfonso, I., Rivera, M., & Gónzales, G. (2007). *Evaluación de cepas de Bacillus subtilis bioantagonistas de hongos fitopatógenos del género Fusarium*. Cuba: ICIDCA.
- Wassington, S. (21 de Septiembre de 2010). *Wassington S.A. División Agro*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2012, de Trichoderma Panfleto Wassington: <http://www.wassington.com.ar/espanol/agro/pdfs/TRICHODERMA.pdf>
- Zapata, A. (1996). *Cultivo de la Berenjena (documento técnico) 5ta. Edición*. Almería, España: Universidad de Almería.
- Zentmyer, G.A., Menge, J.A. and Ohr, H.D. 1998. Phytophthora Root Rot. In: Compendium of Tropical Fruit Diseases (eds. R.C.Ploetz, G.A. Zentmyer, W.T. Nishijima, K.G. Rohrbach and H.D. Ohr), APS Press, St. Paul, MN., USA.

ANEXOS



Figura 13: Mapa de ubicación, La Blanca, San Marcos, Guatemala.



Figura 14: Cultivo de berenjena hindú, La Blanca, San Marcos.



Figura 15 y 16: Primeros síntomas de *Fusarium* spp. en berenjena, en La Blanca, San Marcos.



Figura 17 y 18: plantas de berenjena marchitas a causa de *Fusarium* spp. en La Blanca, San Marcos



Figura 19: Toma de datos, incidencia de *Fusarium* spp. en berenjena. En el municipio de La Blanca, San Marcos.



Figura 20: Toma de datos, rendimiento en kg/ha de berenjena, en La Blanca, San Marcos.

Cuadro 18: Análisis Fitopatológico



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
CUNSUROC
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ



INFORME DE RESULTADOS

CORRELATIVO	FECHA DE INGRESO	FECHA DE EMISION	ANALISIS SOLICITADO
225-2013	23/08/2013	05/09/2013	Fitopatológico
MUESTRA	PROCEDENCIA	EMPRESA	SOLICITANTE
<i>Solanum melongena</i>	Parcelamiento La Blanca, Ocós	Particular	Byron Santema

Muestra analizada	Raíz
AGENTE DETECTADO	<i>Fusarium oxysporum</i>

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Luego que el hongo penetra al tejido vegetal, no existe control químico efectivo para esta enfermedad. La utilización de variedades resistentes es la medida más adecuada para el manejo de *Fusarium oxysporum*. Esta resistencia puede perderse cuando se producen heridas ya sea por nematodos o por laboreo; por lo tanto el suelo libre de nematodos así como evitar la rotura de raíces al laborear el suelo contribuirá a mantener la sanidad del cultivo. Las plantas enfermas deben eliminarse lo más pronto posible a efectos de reducir el inoculo. Por lo tanto se sugiere la rotación con especies no susceptibles. No sembrar Solanáceas (tomate, berenjena, chile).

Responsable de laboratorio:

Ing. Jorge J. Bautista Cancinos
Col. 1825

Encargado de laboratorio de Ingeniería de Agronomía y alimentos



ING. JORGE LUIS BAUTISTA CANCEINOS
COL. 1.825

Laboratorio de Diagnostico Parasitológico, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Sur Occidente, CUNSUROC, 1ra. Avenida, 0-200 Zona 2, Mazatenango, Suchitepéquez