

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA PUDRICIÓN BLANCA DE LA
CEBOLLA (*Sclerotium cepivorum*); ESTANCIA DE LA CRUZ, ZUNIL, QUETZALTENANGO
TESIS DE GRADO

UVALDO MAXIMINO RAMIREZ VELASQUEZ
CARNET 15726-05

QUETZALTENANGO, OCTUBRE DE 2015
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA PUDRICIÓN BLANCA DE LA
CEBOLLA (*Sclerotium cepivorum*); ESTANCIA DE LA CRUZ, ZUNIL, QUETZALTENANGO
TESIS DE GRADO

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

POR

UVALDO MAXIMINO RAMIREZ VELASQUEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, OCTUBRE DE 2015

CAMPUS DE QUETZALTENANGO

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: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
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. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. ROBERTO ANTONIO MORALES LIMA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

MGTR. POMPILIO ALEJANDRO SOLÓRZANO ADOLFO

ING. MARCO ANTONIO ABAC YAX

AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.

SUBDIRECTOR DE INTEGRACIÓN
UNIVERSITARIA: P. JOSÉ MARÍA FERRERO MUÑIZ, S.J.

SUBDIRECTOR ACADÉMICO: ING. JORGE DERIK LIMA PAR

SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ

SUBDIRECTOR DE GESTIÓN
GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

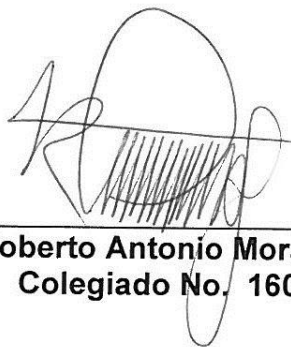
Quetzaltenango, 07 de Septiembre de 2013

Honorable Consejo
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he revisado el informe Final de Tesis del estudiante: Uvaldo Maximino Ramírez Velázquez, con carné No.1572605, titulado: **"EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA PUDRICIÓN BLANCA (*Sclerotium cepivorum*), DE LA CEBOLLA (*Allium cepa*, Liliaceae), ESTANCIA DE LA CRUZ ZUNIL, QUETZALTENANGO"**, 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 Facultad, previo a su autorización de impresión.

Deferentemente



Ing. Roberto Antonio Morales Lima
Colegiado No. 1602



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante UVALDO MAXIMINO RAMIREZ VELASQUEZ, Carnet 15726-05 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 06112-2015 de fecha 25 de septiembre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA PUDRICIÓN BLANCA DE LA CEBOLLA (*Sclerotium cepivorum*); ESTANCIA DE LA CRUZ, ZUNIL, QUETZALTENANGO

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, al día 1 del mes de octubre del año 2015.



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



Agradecimientos

A Dios: Por la sabiduría y ayudarme en los momentos más difíciles.

A mis Padres: Por los grandes consejos y valores en mi vida.

A mi Asesor: Ing. Roberto Morales, por dedicarme su tiempo y enseñanza en los momentos que aplique la práctica de mi Tesis.

A mi Esposa: Por su gran apoyo y motivación en mis estudios.

A la U.R.L. Establecimiento de educación superior donde forje mis conocimientos y aprendizajes.

A: Ing. Marco Antonio Abac Yax, Por su ayuda incondicional para revisar la presente Tesis.

Así también aquellas personas que de una u otra forma, brindaron su colaboración para la realización de la presente.

Dedicatoria

A Dios: Por regalarme esta hermosa vida, darme esta gran sabiduría y proveerme de estos éxitos tan grandes

A mis Padres: Maximino Ramírez, Florinda Velázquez por el amor y las enseñanzas que me brindaron, serán siempre mi inspiración para lograr mis metas más altas en la vida ¡Que dios los bendiga!

A mi Esposa: Johanna Sabaj Hernández, a quien amo mucho, agradecerle su apoyo, entrega y gran comprensión.

A mis Hermanos: Edith, Geovany, Hidolina, Doymi, Atzirry, que este, triunfo sea de ejemplo para la vida de cada uno.

A mis Abuelos: Félix Ramírez, Isaura Jiménez (Q.E.P.D), Librado Velázquez, Feliciano Mejía (Q.E.P.D.), agradecer por sus sabios consejos.

**A mi Familia
en General:** Con cariño y aprecio.

A compañeros

U.R.L: Por los momentos convividos, son recuerdos que siempre los llevare en la memoria.

Índice

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 HISTORIA DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA.....	3
2.1.1 Importancia del cultivo.....	3
2.1.2 Descripción de la planta.....	4
2.1.3 Valor alimenticio y composición química del bulbo de la cebolla.....	6
2.1.4 Usos del cultivo.....	6
2.1.5 Clasificación botánica.....	7
2.1.6 Plagas que afectan el cultivo de la cebolla.....	7
2.2 PUDRICIÓN BLANCA O MOHO BLANCO (<i>Sclerotium cepivorum</i>).....	9
2.2.1 Síntomas de la enfermedad provocada por (<i>Sclerotium cepivorum</i>).....	9
2.2.2 Forma de propagación del hongo.....	10
2.2.3 Primeras pruebas de control de la pudrición blanca.....	11
2.2.4 Combate biológico en el control de la pudrición blanca de la cebolla.....	12
2.2.5 Estudios que sustentan los efectos de bio controladores sobre la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla.....	13
2.3 BIO FUMIGACIÓN.....	14
2.4 SOLARIZACIÓN.....	15
III. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	18
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	18
IV. OBJETIVOS.....	21
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
V. HIPÓTESIS.....	22
5.1 HIPÓTESIS ALTERNA.....	22

VI.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
6.1	LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	23
6.2	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	23
6.3	FACTOR A ESTUDIAR.....	24
6.4	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	25
6.5	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
6.6	MODELO ESTADÍSTICO.....	25
6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	26
6.8	CROQUIS DE CAMPO.....	26
6.9	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	26
6.9.1	Selección de terreno.....	26
6.9.2	Limpia del terreno.....	26
6.9.3	Trazado el terreno.....	27
6.9.4	Solarización.....	27
6.9.5	Bio fumigación.....	27
6.9.6	Aplicación de Trichoderma y Beauveria.....	27
6.9.7	Aplicación de estiércol.....	28
6.9.8	Siembra.....	28
6.9.9	Fertilización química.....	28
6.9.10	Riego.....	28
6.9.11	Control de plagas.....	28
6.9.12	Control de malezas.....	29
6.9.13	Cosecha.....	29
6.10	VARIABLES DE RESPUESTA.....	29
6.10.1	Plantas enfermas.....	29
6.10.2	Altura de planta.....	29
6.10.3	Numero de esclerocios.....	30
6.10.4	Rendimiento de planta.....	30
6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	30
6.11.1	Análisis estadístico.....	30
6.11.2	Análisis económico.....	31

VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
7.1	ALTURA DE PLANTA.....	33
7.2	PLANTAS ENFERMAS.....	36
7.3	RENDIMIENTO DE PLANTA.....	39
7.4	CONTEO DE ESCLEROCIOS.....	42
7.5	RENTABILIDAD.....	45
7.6	ANÁLISIS FACTORIAL.....	46
VIII.	CONCLUSIONES.....	58
IX.	RECOMENDACIONES.....	59
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	60
XI.	ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE CUADROS

Número	Contenido	Pág.
Cuadro 1.	Departamentos más importantes del país con cultivos de cebolla para exportación.....	4
Cuadro 2.	Valores contenidos en 100 gramos de peso fresco.....	6
Cuadro 3.	Plagas de suelo y follaje en el cultivo de cebolla.....	7
Cuadro 4.	Enfermedades de los almácigos en el cultivo de cebolla.....	7
Cuadro 5.	Enfermedades del follaje y bulbos en el cultivo de cebolla.....	9
Cuadro 6.	Descripción de los tratamientos a evaluar en el control de la pudrición blanca de la cebolla, Zunil, Quetzaltenango, 2015...	25
Cuadro 7.	Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm), en métodos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, 2015.....	34
Cuadro 8.	Prueba de Tukey para la variable altura de planta (cm), en métodos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	35
Cuadro 9.	Análisis de varianza para la variable conteo de plantas enfermas, en métodos para el control de pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	37
Cuadro 10.	Prueba de Tukey, para la variable conteo de plantas enfermas en métodos para el control de pudrición blanca en el cultivo de cebolla Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	37
Cuadro 11.	Análisis de varianza para la variable rendimiento (kg/ha), integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango Guatemala, 2015.....	40

Cuadro 12.	Prueba de Tukey, para la variable rendimiento de cebolla chata mexicana (kg/ha), integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca Zunil, Quetzaltenango, Guatemala 2015.....	40
Cuadro 13.	Análisis de varianza para la variable conteo de esclerocios integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	43
Cuadro 14.	Prueba de tukey para la variable conteo de esclerocios a los sesenta y cinco días después del trasplante en métodos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	44
Cuadro 15.	Rentabilidad de nueve tratamientos (kg/ha), en métodos para el control de pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	45
Cuadro 16.	Análisis de varianza en diseños bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 para la variable altura de planta, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	47
Cuadro 17.	Tabla de medias prueba de tukey para el factor B, para la variable altura de planta bajo diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de pudrición blanca, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	48
Cuadro 18.	Análisis de varianza en diseños bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 para la variable plantas enfermas, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	49

Cuadro 19.	Tabla de medias prueba de tukey para el factor A, para la variable plantas enfermas bajo diseño bloques completo al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala 2015.....	50
Cuadro 20.	Tabla de medias prueba de tukey para el factor B, para la variable plantas enfermas bajo diseño bloques completo al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala 2015.....	51
Cuadro 21.	Análisis de varianza en diseños bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 para la variable rendimiento, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	52
Cuadro 22.	Tabla de medias prueba de tukey para el factor C, para la variable rendimiento bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	53
Cuadro 23.	Tabla de medias prueba de tukey para la interacción AXB, para la variable rendimiento bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	53
Cuadro 24.	Análisis de varianza en diseños bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 para la variable conteo de esclerocios, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	55

Cuadro 25.	Tabla de medias prueba de tukey para el factor A, para la variable conteo de esclerocios bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	55
Cuadro 26.	Tabla de medias prueba de tukey para el factor B, para la variable conteo de esclerocios bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2X2X2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	56
Cuadro 27.	Variable altura de planta (cm), respuesta de la cebolla chata mexicana, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	64
Cuadro 28.	Variable plantas enfermas respuesta de la cebolla chata mexicana integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	64
Cuadro 29.	Variable rendimiento respuesta de la cebolla chata mexicana (kg/ha) Integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	65
Cuadro 30.	Variable conteo de esclerocios respuesta de la cebolla chata mexicana integrada a métodos biológicos y físicos para el control de de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	65

Cuadro 31.	Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método Solarización + Biofumigación+Trichoderma Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	71
Cuadro 32.	Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método Solarización + Biofumigación + Beauveria Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	72
Cuadro 33.	Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana, con el método, Biofumigación + Trichoderma, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	73
Cuadro 34.	Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata Mexicana con el método, Biofumigación + Beauveria, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	74
Cuadro 35.	Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método Solarización + Trichoderma, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	75
Cuadro 36.	Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método Trichoderma, Zunil, Quetzaltenango Guatemala, 2015.....	76
Cuadro 37.	Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método Solarización + Beauveria, Zunil, Quetzaltenango Guatemala, 2015.....	77
Cuadro 38.	Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método Beauveria, Zunil, Quetzaltenango Guatemala, 2015.....	78
Cuadro 39.	Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método Testigo Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Contenido	Pág.
Figura 1.	Croquis de campo de la distribución de los tratamientos.....	26
Figura 2.	Demuestra altura de planta integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango 2015.....	33
Figura 3.	Conteo de plantas enfermas, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca, Zunil, Quetzaltenango 2015.....	36
Figura 4.	Demuestra el rendimiento de la cebolla chata mexicana (kg/ha) integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en Zunil, Quetzaltenango 2015.....	39
Figura 5.	Demuestra la variable conteo de esclerocios, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca de la cebolla chata mexicana en Zunil, Quetzaltenango Guatemala, 2015.....	42
Figura 6.	Muestra una relación proporcional positiva de las variables rendimiento y altura de planta ($r=0.86$), resultado que relaciona a ambos factores y explica, que a mayor altura de planta mayor rendimiento.....	66
Figura 7.	De dispersión, muestra una relación proporcional negativa de las variables rendimiento e incidencia de enfermedad ($r= -0.85$), resultado que relaciona a ambos factores y que explica que a menor incidencia de enfermedad mayor rendimiento, o a mayor incidencia de enfermedad menor rendimiento.....	66
Figura 8.	De dispersión, muestra el resultado de ($r= -0.83$), con una correlación negativa entre las variables conteo de esclerocios y rendimiento, el cual indica, que a menor	

	población de esclerocios mayor rendimiento, o a mayor población de esclerocios menor rendimiento.....	67
Figura 9.	De dispersión, muestra una relación proporcional negativa de las variables, altura de planta y numero de esclerocios ($r = -0.81$), resultado que relaciona a ambos factores y explica, que a mayor altura de planta, menor población de esclerocios o a menor altura de planta, mayor población de esclerocios...	67
Figura 10.	De dispersión, y revela que existe una correlación positiva entre las variables incidencia de la enfermedad y numero de esclerocios ($r = 0.79$), resultado que relaciona a ambos factores y explica, que a mayor incidencia de enfermedad mayor número de esclerocios ó a menor incidencia de enfermedad menor número de esclerocios.....	68
Figura 11.	Cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), lectura de medición.....	68
Figura 12.	Toma de datos, durante la cosecha.....	69
Figura 13.	Planta afectada con pudrición blanca.....	69
Figura 14.	Planta infectada con <i>Sclerotium cepivorum</i>	70

Resumen

La investigación tuvo como objetivo comparar el efecto de integrar métodos biológicos y físicos en el control de la pudrición blanca de la cebolla en La Aldea, Estancia de la Cruz, Zunil, Quetzaltenango. Los tratamientos integrados fueron; T1; Solarización + Biofumigación + Trichoderma, T2; Biofumigación + Trichoderma, T3; Solarización + Trichoderma, T4; Solarización + Biofumigación + Beauveria, T5; Biofumigación + Beauveria, T6; Solarización + Beauveria, T7; Beauveria, T8; Trichoderma, T9; Testigo absoluto, arreglados en bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados obtenidos determinaron que Trichoderma sp y Beauveria sp, dosificadas a 10×10^6 conidias por centímetro cúbico, integradas, solarización y biofumigación en acción conjunta, redujeron la formación de esclerocios en el suelo, así, el T1 controló a 2.3 esclerocios/25 g de suelo, al comparar el T4 a 2.6 esclerocios/25 g de suelo, a diferencia del T9, que registró conteo de 13.3 esclerocios/25 g suelo. La misma tendencia observaron las variables, altura de planta, incidencia y rendimiento de bulbos también superó significativamente al testigo absoluto. En términos económicos el T1, al aplicarle el análisis de presupuestos parciales recupera 36 centavos por cada quetzal invertido respecto al testigo absoluto. En conclusión el T1, superó en rendimiento, altura de planta, incidencia de pudrición blanca y conteo residual de esclerocios al T9 (testigo absoluto), por lo que se recomienda esta metodología como una alternativa para el control de esta enfermedad a los sesenta y cinco días después de la siembra.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la cebolla (*Allium cepa*, Liliaceae), es uno de los principales productos no tradicionales de exportación, que actualmente se explotan en Guatemala. Las exportaciones por este bulbo han alcanzado un promedio de 25 mil toneladas por año, actualmente ocupa el puesto número 29 a nivel mundial en los países exportadores de cebolla, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. (MAGA, 2010).

En la región de la Estancia La Cruz, Zunil, Quetzaltenango, sobresale el cultivo de la cebolla, por la siembra de manera continua de ésta hortaliza. La población local consume aproximadamente el 15 %, para seguridad alimentaria y el excedente del 85 %, para ingresos económicos de la finca. (Pérez, 2006).

La alta rentabilidad ha propiciado ser un cultivo de recolección intensiva, ejercicio que se ha practicado por muchos años. El horticultor ha alcanzado tal especialización como productor de cebolla, que afirma con seguridad que no existe hoy en día otro producto vegetal que pueda igualar la rentabilidad que produce este bulbo. (Ramos, 2011).

Los elementos del medio ambiente, tanto biótico como abiótico, tienen una fuerte influencia en la adaptabilidad, el tamaño, forma, inicio de floración y capacidad de almacenaje de la cebolla. Entre los abióticos de mayor impacto, están las temperaturas mínimas de 10 °C, son determinantes para el desarrollo de los bulbos, temperaturas por debajo de 0 °C, inducen al alargamiento y engrosamiento de los tallos. Los factores que afectan el desarrollo, forma, color y sabor de los bulbo son: el medio ambiente en el que se siembra el cultivo y la composición genética de la semilla que se utiliza. (Sánchez, 1999).

En los últimos años, se ha determinado un factor biótico, muy complejo para ser controlado en el municipio. Una enfermedad que se constituye como un

subcomponente que puede limitar por completo la producción de esta hortaliza, al ser diagnosticada la pudrición blanca de la cebolla (*Sclerotium cepivorum*), la cual se manifiesta en cualquier fase del cultivo, los síntomas se han presentado principalmente por medio del amarilla miento de las hojas y endurecimiento de las catáfilas de la cebolla, con aspectos de acuosidad dentro del bulbo y pudrición del mismo en estado avanzado de la enfermedad, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. (ICTA, 2009).

El presente estudio evaluó, la integración de métodos físicos y biológicos, para controlar la enfermedad causada por la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*), en esta aldea. Se integraron los siguientes métodos físicos; la solarización y biofumigación a los bio controladores *Trichoderma* sp, y *Beauveria* sp. Para evaluar si estos procedimientos pueden mantener regulada la incidencia de esta enfermedad a niveles de convivencia económica, por medio del análisis de las variables incidencia, altura de planta y conteo residual de esclerocios, respecto al rendimiento de bulbos de cebolla.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. HISTORIA DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA

La cebolla es una especie que se cultiva desde épocas remotas, fue domesticada simultáneamente en varios lugares y se supone que ocupó una vasta región en el Oeste de Asia, extendiéndose posteriormente a Palestina y la India. La especie posee tres centros de origen, un primario: Centro Asiático Central (India, Afganistán y otras regiones cercanas) y dos secundarios: a) Centro de oriente próximo (Asia menor y trascaucásica e Irán); b) Centro Mediterráneo (Países en torno al mar mediterráneo) (Izquierdo, 2002).

El género *Allium* de la familia *Liliaceae* contiene más de 600 especies. (Astley, 2003).

2.1.1. Importancia del cultivo

La cebolla es un cultivo muy extendido por todo el mundo, pues hay gran número de cultivares con distinta adaptación a las diferencias de climatología que influyen en su vegetación. A pesar de ello no todos los países cubren sus necesidades, y han de importar una parte de su consumo. La superficie total plantada de cebolla en el mundo asciende a más de 2 millones de hectáreas, produciéndose 32.5 millones de toneladas. En la Unión Europea se producen anualmente unos 3 millones de toneladas de esta hortaliza en 95,000 hectáreas de superficie. Europa es el único continente productor que importa (1, 600,000 t), bastante más de lo que exporta (1, 100,000 t). Los grandes importadores de cebolla europeos (Francia y Alemania), están incrementando rápidamente su producción. En Alemania la producción de cebolla aumenta a un ritmo del 5% Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO, 2007).

En Guatemala, las producciones promedio de cebolla superan las 30,000 toneladas anuales, de 54 t/ha. De acuerdo al informe técnico. (ICTA, 2009).

Cuadro 1. Departamentos más importantes del país con cultivo de cebolla para exportación.

Departamento	Área cultivada
Jutiapa	770 hectáreas
Santa Rosa	280 hectáreas
El Quiché	280 hectáreas
Huehuetenango	220 hectáreas
Baja Verapaz	35 hectáreas
Guatemala	30 hectáreas

(FAO, 2007).

2.1.2. Descripción de la planta

Gudiel (2000), menciona que la cebolla, es una planta que pertenece a la familia de las liliáceas, es bianual, herbácea, posee bulbo tunicado con tallos erguidos y hojas largas redondas acanaladas. El aprovechamiento de este cultivo son sus bulbos que se forman en la base de las hojas que envuelven el tallo floral, utilizándose principalmente para la dieta alimenticia. En la actualidad, se usa como condimento ocupando un lugar preferido en todos los hogares del mundo, pudiendo utilizar su bulbo y tallo verde en estado fresco, así como también el bulbo seco.

La planta de cebolla es de ciclo bianual, posee un sistema radicular limitado y como consecuencia de ello una pobre capacidad de absorción de agua y nutrientes. Las primeras raíces brotan durante la germinación, las cuales mueren gradualmente a la vez que se van formando otras nuevas. Las raíces adventicias se desarrollan a partir del tallo verdadero y en la mayoría de los casos no alcanzan una profundidad mayor de los 40 cm. En la planta adulta se pueden llegar a formar de 60 a 70 raíces fusiformes. El tallo verdadero de la cebolla se encuentra situado en la base del bulbo, del cual brotan las yemas, las hojas y las raíces. Los tallos florales se forman en el segundo año, los cuales son tubulares y huecos, pudiendo alcanzar una altura de 90 cm (Izquierdo, 2002).

Las hojas constan de dos partes: el limbo y la vaina. El limbo es tubular, ensanchado en su parte central y agudizado en el ápice; la vaina es la parte basal, cilíndrica, situándose una sobre otra según vayan brotando nuevas hojas dando lugar este conjunto en la parte superior al falso tallo y en la inferior al bulbo. El falso tallo se mantiene erecto y constante durante la fase de crecimiento vegetativo de la planta, pero cuando se acerca el momento de la cosecha se ablanda y dobla en la zona del cuello. Los bulbos están formados por túnicas, escamas transitorias, escamas carnosas, yemas y un tallo verdadero. Las escamas carnosas pueden ser abiertas y cerradas, las abiertas son las más exteriores y terminan en limbos, las cerradas son las más interiores no forman limbo y rodean a la yema apical. La coloración de la túnica depende de la variedad, siendo las más comunes blanca, amarilla y morada. Además de la yema apical, en el bulbo se forman yemas laterales, las cuales quedan en estado de reposo o se desarrollan dando lugar a bulbos deformados o divididos (Izquierdo, 2002).

Las yemas laterales se forman después de la sexta hoja. Los bulbos de la cebolla pueden ser: bien formados, deformados y divididos. Los bien formados son aquellos que no presentan protuberancias y son simétricos, los deformados por lo general presentan protuberancias y en ocasiones se observan en su parte superior falsos tallos, los divididos se identifican por sí mismos, porque son más de dos bulbos unidos por un tallo verdadero. La deformación de los bulbos es una consecuencia del crecimiento parcial y total de las yemas laterales, lo cual va unido íntimamente a las características de la variedad y puede estar favorecido además por las condiciones ambientales, la fecha de siembra o periodo de semillero para trasplante, el tamaño de la postura y la fertilización (Izquierdo, 2002).

La planta requiere de días largos, existiendo variedades para días cortos que se adaptan perfectamente a las latitudes dentro de las cuales se encuentra Guatemala (Izquierdo, 2002).

2.1.3. Valor alimenticio y composición química del bulbo de cebolla.

Cuadro 2. Valores contenidos en 100 gramos de peso fresco.

Componentes	Porcentajes
Valor calorífico	47.0 g
Agua	86.0 g
Azucares	10.0 g
Fibras	0.8 g
Proteínas	1.4 g
Potásico	180 g
Azufre	70 mg
Fosforo	44 mg
Calcio	32 mg
Vitamina C	28 mg
Cloro	25 mg
Magnesio	16 mg
Sodio	7 mg

(Izquierdo, 2002).

2.1.4. Usos del cultivo

Para Guatemala, el cultivo de la cebolla reviste importancia, primero porque es un producto de bastante uso en la preparación de alimentos y segundo porque el país cuenta con áreas vocacionales para dicho cultivo tales como: Asunción Mita en Jutiapa, Almolonga y Zunil en Quetzaltenango, Bárcenas, Villa Nueva y Amatitlán en Guatemala, Laguna de Retana entre Jalapa y Jutiapa, Soloma, Chiantla y Aguacatán en Huehuetenango y valle de San Jerónimo en Salamá. El principal uso de la cebolla, es como condimento en la elaboración de comidas. Puede consumirse en estado fresco o seco (Vidal, 2000).

Comúnmente el cultivo de la cebolla es dedicado para producción de bulbo fresco y bulbo seco, lo cual estará determinado por las condiciones de mercado. Desde el punto de vista económico, es más rentable el cultivo de cebolla para bulbo seco, ya que permite almacenarse por periodos más largos, sacándose al mercado cuando los precios estén favorables, la cebolla para consumo en fresco tiende a descomponerse en periodos cortos de tiempo (Astley, 2003).

2.1.5. Clasificación botánica

Según Villela (1999), la taxonomía del cultivo de cebolla es la siguiente:

Reino:	Vegetal.
Subdivisión:	Gimnosperma.
División:	Magnoliophyta
Clase:	Monocotiledónea.
Sub-clase:	Liliadae.
Orden:	Liliales.
Familia:	Liliácea.
Género:	<i>Allium</i> .
Especie:	<i>Cepa</i> .
Nombre científico:	<i>Allium cepa</i> L.
Nombre común:	Cebolla.

2.1.6. Plagas y enfermedades que afectan al cultivo de cebolla

Las plagas y enfermedades en la cebolla, son causantes de bajos rendimientos, las cuales pueden vulnerar el buen desarrollo de las plantas si no se les presta atención, éstas se pueden dividir en; plagas de suelo y plagas de follaje (Villela, 1999).

Cuadro 3. Plagas de suelo y follaje en el cultivo de cebolla

Nombre del agente causal
a) Gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> spp.)
b) Gusano nochero (<i>Agrotis</i> sp, <i>Feltia</i> sp, <i>Prodenia</i> sp.)
c) Gusano de la cebolla (<i>Delia antiqua</i>)
d) Larvas de tortuguilla (<i>Diabrotica</i> sp.)
e) Nematodos: (<i>Pratylenchus</i> sp, <i>Rutulenchnus</i> sp, <i>Ditylenchus</i> sp, <i>Meloidogyne</i> sp)
f) Gusano de la hoja (<i>Prodenia</i> sp)
g) Gusano minador (<i>Liriomyza</i> sp)
h) Gusano medidor (<i>Mocis</i> sp)
i) Gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>)
j) Gusano cogollero (<i>Spodoptera Frujiperda</i>)
k) Gusano cuerudo (<i>Spodoptera sunia</i>)
l) Trips (<i>Trips</i> sp)
m) Pulgones (<i>Aphis</i> sp)
n) Saltón (<i>Peregrinus</i> sp)

(Villela, 1999).

Cuadro 4. Enfermedades de los almácigos en el cultivo de cebolla

Nombre del agente causal
a) Mal del talluelo
b) <i>Pytium</i> sp
c) <i>Rhizoctonia</i> sp
d) <i>Fusarium</i> sp

(Villela, 1999).

Cuadro 5. Enfermedades del follaje y bulbos en el cultivo de cebolla

Nombre del agente causal
a. Marchitez vascular
b. Mancha purpura
c. Mildiu veloso
d. Pudrición del cuello de los bulbos
e. Tizón o manchas de las hojas
f. Tizne o Antracnosis
g. Pudrición blanda bacteriana
h. Carbón
i. Pudrición blanca

(Villela, 1999).

2.2. PUDRICIÓN BLANCA O MOHO BLANCO (*Sclerotium cepivorum* Berk)

Causada por el hongo (*Sclerotium cepivorum* Berk), el cual pertenece a la clase Deuteromicetes. Es un patógeno de mucha importancia en los suelos de las regiones cálidas del trópico. Ataca en gran número de hospedantes, produciendo pudriciones radicales y marchitamiento. El micelio de este hongo forma una masa estromática conocida como “cojín de infección”, que se adhieren a la epidermis. De este cojín salen varias hifas muy delgadas que perforan la cutícula y alcanzan las células epidermales. Los primeros síntomas son un amarillamiento y marchitez en las hojas que matará a las plantas jóvenes. Con infecciones posteriores, los bulbos se suavizan, pudren y son sacados del suelo con facilidad, debido a que las raíces ya han muerto. Un moho blanco se desarrolla en los bulbos infectados (Villela, 1999).

2.2.1 Síntomas de la enfermedad provocada por (*Sclerotium cepivorum*), en el cultivo de cebolla

El primer síntoma coincide con el período de bulbificación y se presenta como un amarillamiento general, continuado por muerte descendente de las hojas más externas y retardo del crecimiento. El deterioro gradual se da por varios días o

semanas hasta concluir con el colapso final de las hojas y una pudrición basal seca o semiacuosa. Simultáneamente, en las raíces y hojas inferiores hay abundancia de micelio blanco, lanoso y superficial que pronto produce esclerocios negros y esféricos sobre la superficie o dentro de los tejidos enfermos. En este grado de desarrollo de la enfermedad las plantas afectadas son fácilmente arrancadas del suelo. (Pérez, 2006).

Smith (1997), los esclerocios de *S. cepivorum*, tiene una latencia constitutiva de 1-3 meses. La latencia es un período de descanso que interrumpe el desarrollo de un organismo y es mantenida por factores constitutivos que garantizan al organismo persistir en esta condición por un período mínimo necesario en su ciclo de vida. Una vez que el esclerocio ha germinado, penetra en las raíces por medio de un apresorio, después crece intra e intercelularmente entre las células parenquimáticas, el tejido cortical se desintegra y luego el tejido vascular es invadido y macerado. La maceración es acompañada por la producción secuencial de enzimas que degradan la pared celular, sobretodo de poligaracturonasas (PG) y pectin transeliminadas. También, se produce la Fitotoxina ácido oxálico que actúa de forma sinérgica con las PG, quelatan el Ca⁺⁺ y bajan el pH cerca del óptimo para la acción enzimática, provocando la pudrición suave característica, sin embargo, la relación entre las hifas y la distribución de enzimas extracelulares que degradan la pared celular no ha sido bien investigada.

2.2.2 Forma de propagación del hongo (*Sclerotium cepivorum*)

Metcalf (1998), el micelio se propaga planta a planta por el contacto de las raíces infectadas con las sanas, si se encuentran a una distancia de 1 a 2 cm. Unos pocos esclerocios pueden ser formados en las raíces, sin embargo, la mayoría es formada en la base del bulbo una vez que el hongo ha logrado invadir y desarrollarse en esta parte. La temperatura y el pH óptimo para la germinación de esclerocios es 20 °C, con un rango óptimo de 15-25 °C y un pH de 4,8 aunque pueden germinar en pH cercanos a 8. Por otro lado, la temperatura y el pH óptimos para el desarrollo de la

enfermedad es de 15 °C, con un rango de 10-18 °C y el pH es de 6,1 con un rango óptimo de 5,4-7,8.

Walker (1969), menciona que a temperaturas mayores de 24 °C las plantas permanecen saludables aún en un suelo fuertemente infectado y que la enfermedad se desarrolla más rápidamente en suelos secos (40 % de humedad), que en suelos húmedos (60-80 % de humedad).

2.2.3 Primeras pruebas de control de la pudrición blanca

Los primeros intentos para el combate de la pudrición blanca datan aproximadamente del año 1920, en primera instancia se probó con prácticas de combate cultural como rotación de cultivos y exclusión de material contaminado; pero conforme la infestación se hizo más intensa y ampliamente distribuida, estas medidas fueron cada vez menos eficaces, por lo que se inició con el uso de fungicidas químicos. Hasta la fecha el control de *S. cepivorum* ha sido difícil, los intentos de combate empleando métodos químicos no han resultado del todo satisfactorios y tienen un elevado costo económico y ecológico (Pérez, 2006).

Crowe (1999), reafirma lo expuesto por Smith (1990), al citar que no hay especies de *Allium* resistentes a la infección por *S. cepivorum* y que el mejoramiento ha sido limitado por la falta de fuentes de resistencia. Menciona también que los síntomas pueden ser menos severos en puerros que en ajo o cebolla. Además, que las diferencias entre especies parecen estar relacionadas con la producción relativa de estimulantes de la germinación a través de las raíces, por lo que recientemente se han hecho esfuerzos en seleccionar líneas que produzcan pocos estimulantes.

Metcalf (1998), mencionan que la posible ruta para obtener cultivares resistentes es la ingeniería genética, por medio de ella se podrían producir materiales que no exuden estimulantes de la germinación o cultivares que produzcan compuestos inhibitorios a la pudrición blanca. Muchos han sido los intentos por hallar un producto químico que brinde un adecuado control para esta enfermedad. El primer fungicida

exitoso fue el cloruro de mercurio (Calomel), luego han sido usados el dicloran (Botran), el pentacloronitrobenzeno (PCNB), los bencimidazoles y dicarboximidias.

Smith (1997), cita que aunque se ha probado gran cantidad de productos, ninguno ha dado resultados exitosos y que esto, en parte, es debido a la degradación de los fungicidas en el suelo, por acción de las poblaciones heterogéneas de microorganismos presentes en él. Otro aspecto importante que cita el autor, es que al existir productos que son más resistentes a la degradación microbiana, su persistencia en el suelo puede causar daños por acumulación y contaminación. Este es el caso del cloruro de mercurio o Calomel citado anteriormente. Este producto está prohibido en Costa Rica desde 1960, ya que presenta una bio acumulación alta y es tóxico para peces y aves; se conoce del caso de muerte de personas en Japón por el consumo de peces contaminados con metilo de mercurio, que es el subproducto del Calomel, una vez que entra en contacto con el suelo el agua o el cuerpo. La rotación de cultivos no puede ser usado en el manejo de la pudrición blanca debido a la extremada longevidad de los esclerocios ya que son estimulados por compuestos específicos del género *Allium*.

2.2.4. Combate biológico en el control de la pudrición blanca de la cebolla

El combate biológico, en este tipo de enfermedades, está dirigido a disminuir la densidad de inóculo mediante antagonistas que destruyan los esclerocios o en algunos casos que eviten su formación. Estos antagonistas pueden ser bacterias, hongos, ácaros nematodos o pequeños anélidos, los factores que afectan la sobrevivencia de los esclerocios están los parásitos y depredadores, dentro de los que están especies de *Trichoderma* y *Beauveria* (Smith, 1997).

Smith (1997), encontró que los hongos *Penicillium italicum*, una especie de *Trichoderma* y bacterias no identificadas fueron capaces de colonizar esclerocios o restos no viables de ellos, provenientes de suelo. Existen informes que describen la capacidad antagónica tanto de bacterias como de hongos sobre *S. cepivorum* y otros hongos que forman esclerocios. Un gran número de hongos fueron encontrados

colonizando esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum*, tanto *in vitro* como en condiciones de campo; los géneros que presentaron mayor actividad antagónica fueron *Penicillium* y *Aspergillus*.

2.2.5. Estudios que sustentan los efectos de biocontroladores sobre la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*) en el cultivo de cebolla

Castellanos y Morales (2011), resultados de evaluaciones *in vitro*, demuestran que los fungi, antagonistas *Trichoderma* (cepa nativa ICTA L001) y *Beauveria* (cepa Bb0601), son capaces de producir la incapacidad del micelio en la formación del esclerocio.

Se realizaron estudios del efecto de *Trichoderma* sp., *Clonostachys* spp. y *Beauveria bassiana* sobre la incidencia de la pudrición blanca de la cebolla (*Sclerotium cepivorum*), se realizó un experimento de invernadero. Los aislamientos fueron recuperados de esclerocios colectados en fincas productoras de cebolla, de la zona alta de Cartago, Costa Rica. Plántulas de cebolla fueron sembradas en suelo inoculado con el patógeno (0,06 esclerocios por 1 kg de suelo) y se les realizó 3 aplicaciones con los biocontroladores, individualmente o en mezcla. La primera aplicación se realizó a la siembra (230 g por maceta de 3,5 kg). A las 4 y 8 semanas se realizó la segunda y tercera aplicación (500 ml de sustrato por maceta, con 5×10^6 ufc.ml¹). A las 18 semanas, se evaluó la incidencia de la enfermedad. Los resultados indicaron una diferencia ($p=0,0117$) entre el testigo (sin biocontroladores) y los demás tratamientos. La incidencia de pudrición blanca mostró el siguiente patrón: testigo 46%; *Beauveria bassiana* 17%; *Clonostachys* spp. 8,3 y 7,1%, respectivamente; *Trichoderma* spp. 0%. El análisis de varianza no mostró diferencias ($p=0,5883$) entre las medias para la longitud foliar. Estos resultados indican que todos los bio controladores evaluados ejercen algún grado de control sobre la enfermedad, en particular *Trichoderma* spp. (Granado, 2007).

Obregón (1990), informa que *Trichoderma* sp, es un antagonista potencial en el combate de la pudrición blanca en cebolla, ya que presentó una capacidad de invasión de 50 y 75% sobre el patógeno en ensayos *in vitro*.

Clarkson (2002), encontró en un estudio realizado que los agentes de combate biológico pueden degradar más del 60% de los esclerocios en el suelo y reducir significativamente la pudrición blanca de la cebolla; aunque no mencionan con claridad los agentes evaluados, indican que 2 de las mejores cepas fueron identificadas como, *Trichoderma viride* (L4 y S17A). En esta línea, fueron probados tratamientos de *Tichoderma viride* con tebuconazole o compost de residuos de cebolla y concluyeron que estas combinaciones aumentaron el control y en algunas ocasiones casi eliminaron la enfermedad.

Obregón (1990), indica que se requiere, al menos, una concentración líquida de 5×10^6 conidios por cc, para tratar de mantener la concentración de los biocontroladores en un ámbito favorable.

2.3. BIOFUMIGACIÓN

Calderón (2000), la biofumigación es el control de plagas y patógenos del suelo por medio de la liberación en el mismo de compuestos originados de forma natural por la descomposición de residuos orgánicos. La biofumigación utiliza los gases y otros productos resultantes de la biodegradación de las enmiendas orgánicas y residuos agroindustriales como fumigantes para el control de los organismos patógenos de vegetales, se contribuye con ello, además, a resolver los problemas ambientales graves que estos productos pueden producir. Su eficacia se incrementa cuando se incorpora dentro de un sistema de manejo integrado de cultivos y se diferencia del uso de las enmiendas orgánicas en las características de los materiales biofumigantes y en el método de aplicación. Esta técnica puede ser de gran interés en países en vías de desarrollo debido al bajo coste y facilidad de aplicación.

Bello (2001), definen la biofumigación como la acción de las sustancias volátiles producidas en la biodegradación de la materia orgánica en el control de los patógenos de las plantas, incrementándose su eficacia cuando se incluyen en un sistema integrado de producción de cultivos, presentan resultados de su aplicación en cultivos de cucurbitáceas, pimientos, zanahoria, tomate, otras hortalizas, fresón, platanera, cítricos, frutales, viñedos y flor cortada en diferentes ambientes de la región mediterránea, obteniendo una eficacia similar a los pesticidas convencionales, al mismo tiempo que incrementan los nematodos saprófagos, mejoran las características del suelo y la nutrición de la planta, señalando la necesidad de diseñar una metodología para cada situación, diferenciándose de la aplicación de la materia orgánica en la dosis y el método de aplicación.

Calderón (2000), señala que la biofumigación se encuentra entre las mejores alternativas al Bromuro de metilo en cultivos de tomate y brassicas en Guatemala.

Bello (2001), define la biofumigación, indicando que su eficacia es similar a la de los pesticidas convencionales, y aunque la técnica es diferente a la solarización, se pueden complementar incrementando su eficacia. El material vegetal a integrar en los terrenos es de 2.5 kilos de brassicas por metro cuadrado y 1.25 kilos de Materia Orgánica (gallinaza), por metro cuadrado.

2.4. SOLARIZACIÓN

Antes de que hubiera una disponibilidad general de plaguicidas a fines de la década de 1940, la desinfección del suelo por medio del calor, el vapor o agua caliente era una práctica usada desde muy antiguamente y bien conocida para controlar las plagas del suelo. La elevación de la temperatura del suelo hasta 60 °C por medio de la inyección de vapor durante 30 minutos, ha sido una recomendación común entre los métodos usados para el control de las plagas del suelo. La solarización del suelo es un término que se refiere a la des infestación del suelo por medio del calor generado de la energía solar capturada. La captura de energía solar para elevar la

temperatura de 40-60 °C del suelo con este propósito es una actividad que se remonta a tiempos lejanos. (Brazellton, 1968).

Calderón (2000), menciona que el solarizado consiste en cubrir el suelo previamente llevado a capacidad de campo con polietileno transparente delgado durante el verano, a fin de incrementar las temperaturas para destruir la mayoría de organismos Fito patógenos, insectos y malas hierbas. Radiación solar pasa a través del plástico trasparente, se convierte en calor e induce cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo. El tratamiento dura más de cuatro semanas, tiempo necesario para ejercer un control en las capas profundas del suelo. Los resultados a obtener dependen de la duración del tratamiento, intensidad de la radiación solar y de la conducción térmica del suelo. Este método se basa en la muerte o inactivación biótica por efecto de elevación de la temperatura en el suelo.

Calderón (2000), las recomendaciones para la utilización adecuada de esta técnica son las siguientes:

- a) El polietileno debe ser transparente para que permita el paso de la mayor parte de la radiación solar que calentará el suelo. El polietileno debe formularse con inhibidores ultravioleta para evitar el deterioro rápido del polietileno.
- b) La cobertura del suelo debe realizarse en épocas de alta temperaturas e intensa radiación solar. Sin embargo, se han podido obtener buenos resultados durante períodos de nubosidad y en terrenos total o parcialmente sombreados.
- c) El suelo puede cubrirse total o parcialmente en bandas sobre las camas o surcos. La solarización en bandas es más económica que la solarización total; sin embargo, existe un gran riesgo de que el suelo tratado pueda re infectarse más rápidamente.

- d) El suelo debe mantenerse húmedo durante el tiempo que dure cubierto para incrementar la sensibilidad térmica y mejorar la conducción del calor.
- e) Debido a que en las capas más profundas las temperaturas alcanzadas son menores que en las capas superiores hay que garantizar un período de tiempo largo a manera de lograr una desinfección total del sustrato.

Mejía (1996), menciona que la solarización ha inducido supresividad para *Phytophthora cinnamomi*, *Rosellinia necatrix*, *Pythium*, *Verticillium dahliae* y *Fusarium oxiporium*. El crecimiento de *Rosellinia necatrix* se redujo en el suelo previamente solarizado, lo cual se determinó por medio de los métodos de colonización de hojas y crecimiento micleal. La re infestación por *P. cinnamoni* se suprimió en suelos solarizados lo que se manifestó por un crecimiento hifal más lento acompañado por menos claridosporas y esporangios.

Bello (2001), comprobó que la bio fumigación y solarización como alternativas incrementan la eficacia para solucionar problemas contra patógenos del suelo, cuando forma parte de un sistema de producción integrada.

III. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

En la Aldea Estancia de la Cruz, Zunil, Quetzaltenango, por varias décadas se ha cultivado bulbos de cebolla. La dependencia a esta hortaliza ha tenido diversos impactos, han sido abastecedores de este condimento tanto al mercado local como nacional y regional. Al regional, se exporta hacia los países Centroamericanos, lo que ha significado ser de mono cultivo intensivo, esta intensiva dependencia se debe a las dificultades de encontrar otro producto a producir en términos de rendimientos económicos.

La ausencia de rotación de cultivos y escasas investigaciones conocidas respecto a la prevención, en la introducción de enfermedades del suelo, han dado como resultado la determinación, de la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*). Hoy en día se tiene un foco de la enfermedad, pero constituye una serie amenaza para el municipio, debido a que se ha observado que un productor especializado y que abastece de semillero, los suelos de producción de este insumo están infectados.

La producción y calidad del cultivo de cebolla, ha disminuido drásticamente por la determinada pudrición blanca, la cual, puede constituirse en una limitante para los agricultores que producen cebolla, de la localidad en estudio y de otras por el trasiego de insumos, como semilleros, aperos de labranza, calzado principalmente, que puede coadyuvar eficazmente en la diseminación, de un causal que puede eliminar la producción de hortalizas del género *Allium*, aunque no existen registros oficiales, aparentemente la enfermedad apareció en la zona y no se conoce como fue introducida.

Si la enfermedad se propaga a gran escala regional, muchos agricultores correrían el riesgo de cambiar el cultivo permanentemente. Por estas razones se pretende realizar evaluación de varios métodos integrados que ayude a controlar la enfermedad. La situación del productor está, aún más comprometida, en vista de que

no existen métodos paliativos validados para ser recomendados como efectivos para controlar esta grave enfermedad.

El agricultor ha utilizado diversos tipos de agroquímicos para contrarrestar el problema en el campo sin tener éxito alguno de un producto comercial químico que ayude a revertir esta enfermedad

Castellanos (2011), resultados de la evaluaciones *in vitro* asientan, que son capaces de producir la incapacidad del micelio en la formación del esclerocio. Los fungi antagonistas en proceso de sustentación *Trichoderma* (cepa nativa ICTAL001) y *Beauveria* cepa (Bb0601), este dato representa para los productores de cebolla alguna esperanza de encontrar métodos de control. Sin embargo se requiere de validar los promisorios resultados *in vitro*, en vista de que los hongos antagonistas tienen alta variabilidad respecto al comportamiento frente a diferentes causales de enfermedad, como el caso particular de la cebolla.

Bello (2001), comprobó que por lo general, cualquier tipo de materia orgánica durante los procesos de descomposición de coles y otras brassicas, tienen un contrastado efecto fungicida e insecticida. La función de la materia orgánica en la regulación de los patógenos demuestra que la bio fumigación y solarización como alternativas incrementan la eficacia para solucionar problemas contra microorganismos perjudiciales del suelo, cuando forma parte de un sistema de producción integrada.

El desarrollo y aplicación de agentes de control biológico adquiere una importancia relevante, como una alternativa al control de diversos hongos y bacterias fito patógenos. Las plagas agrícolas han sido controladas durante años mediante el empleo de plaguicidas químicos de fuerte impacto negativo, sobre los organismos benéficos presentes en el ambiente, pero para el caso particular de la pudrición blanca, los plaguicidas con propiedades fungicidas, funcionan *in vitro*, pero no en el

campo, al no contactar a los micro propagulos, que sobreviven indefinidamente en el suelo, por lo tanto surge como una opción viable, el manejo integrado de plagas. Según Mejía (1996), se han efectuado investigaciones fundamentalmente con hongos del género *Trichoderma* y *Beauveria*, para ser utilizados en el control de diversos hongos y bacterias fitopatógenos.

Es por ello que esta investigación de evaluación de métodos para el control de la pudrición blanca en la cebolla y su efecto en el rendimiento, rentabilidad e incidencia de enfermedad, es de gran importancia ya que los resultados que se obtuvieron son un referente técnico y un aporte a la solución de la problemática que enfrentan los agricultores del municipio de Zunil, Quetzaltenango.

IV. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar diversos métodos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Cuantificar el número de plantas enfermas en el cultivo de cebolla en cada tratamiento

Determinar el efecto de los tratamientos en la altura de planta promedio en centímetros en el cultivo de cebolla.

Determinar la carga de inóculo residual bajo efecto de los métodos para el control de la pudrición blanca el cultivo de cebolla.

Cuantificar el rendimiento de cebolla en el control de la pudrición blanca en cada tratamiento

Establecer la rentabilidad para el cultivo de cebolla en el control de la pudrición blanca de cada tratamiento.

V. HIPÓTESIS

5.1 HIPÓTESIS ALTERNA

Por lo menos uno de los métodos tendrá mayor efecto en el control de la pudrición blanca de la cebolla.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. LOCALIZACIÓN DE TRABAJO

El experimento se desarrolló en la aldea Estancia de La Cruz, Zunil, Quetzaltenango. Las coordenadas geográficas que ubican este lugar son: longitud oeste 91°30'36" y latitud norte 14°44'53", se encuentra a una altitud de 1,826 msnm. Precipitación promedio anual de 1,450 mm. El clima en el municipio varía según la región, al norte del municipio, el clima es frío con invierno benigno húmedo y con invierno seco, el sur del municipio presenta clima semicálido sin estación fría, muy húmedo y sin estación seca. Se manifiestan dos estaciones claramente definidas, invierno y verano; se tienen registros por parte del (INSIVUMEH), que reportan temperaturas máximas que van de 18° a 24° C; siendo la mínima de 6 a 9° C, teniendo una temperatura media anual de 21° C. La topografía es por lo general muy accidentada, encontrando pendientes que van desde 5 % hasta 40 %. Según el estudio de reconocimiento y clasificación de suelos de la república de Guatemala, clasifica las tierras por capacidad de uso como tierras volcánicas de la boca costa, es común observar materiales originales de los suelos, como cenizas volcánicas de buen tamaño y color, drenados, de color café oscuro con texturas medianas, profundas. Una gran parte del área tiene cobertura con cultivos permanentes, entre los cuales sobresale el Café, además cultivos de subsistencia y hortalizas para consumo nacional y de exportación.

6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

Se evaluaron plántulas de cebolla variedad chata mexicana el cual tiene cualidades como, buen tamaño del Bulbo, forma, color, uniformidad, calidad (dulzura), buena capacidad de almacenamiento, su forma habitual es globosa, plana y esférica y el color de la pulpa, blanquecino con un sabor dulce y persistente con raíces fasciculadas y poco abundantes; verticalmente miden hasta 70 cm, cada hoja tiene una base larga y carnosa, que se une estrechamente con la base de las demás hojas, formando un seudo tallo, envuelto por láminas finas o túnicas, y la exterior es seca, con hojas tubulares de 35-55 cm de largo y 8-9 mm de diámetro. Así también

hongos *Trichoderma* (cepa nativa ICTAL001), los cuales no tienen un periodo sexual simplemente producen esporas asexuales, sin embargo a unas pocas líneas de *Trichoderma*, si se les conoce un periodo sexual pero no entre las líneas que se usan en el control biológico. La fase sexual, cuando se produce, se encuentra entre los Ascomicetos del género *Hypocrea*, son usados como fungicida, se utiliza en aplicaciones foliares, tratamiento de semillas y suelo, *Beauveria* (cepa Bb0601), en cultivo el hongo se observa como un micelio blanco a ligeramente coloreado, de apariencia lanosa, pulverulenta o de racimos, raramente forma un cinema blanco o amarillento, ocasionalmente rosáceo. Presenta hifas aéreas hialinas, lisas y de la pared delgada, sueltas algunas veces fasciculadas, ambas especies fueron aislados en laboratorio de instalaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. (ICTA).

Se utilizó también material vegetal (*Brassica oleracea* L. variedad Itálica), para el bio fumigado, estiércol de aves (gallinaza) y nylon transparente.

6.3. FACTOR A ESTUDIAR

Los factores identificados en el estudio fueron los siguientes; método físico; solarización; técnica realizada al suelo para obtener una elevación de temperatura de 60° C, de la misma con una duración de 6- 8 horas diarias por medio del tapado de tabloncillos con nylon delgado, método químico; bio fumigación; incorporando material orgánico (gallinaza) y restos de *brassicas* para la generación de gases en el suelo con una duración de 50 días y método biológico; hongos benéficos; donde se utilizaron los hongos *Trichoderma* cepa ICTA L001 y *Beauveria* Bb0601 con una dosis de 10×10^6 aplicados en drench, analizando el efecto de los tratamientos en la altura de planta, plantas enfermas, rendimiento y control de los esclerocios. Realizando también en el estudio un análisis factorial 2x2x2 con un diseño de bloques completos al azar para reconocer la interacción y el efecto de estos tres factores los cuales fueron los siguientes; factor A método físico, factor B método químico, factor C método biológico, donde los tratamientos se formaron de la combinación de estos mismos.

6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos a evaluar en el control de la pudrición blanca de la cebolla en la Estancia de la Cruz, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala 2015.

Tratamiento	Factor A	Factor B	Factor C
	Método Físico	Método Químico	Método Biológico
1.	Solarización	Bio fumigación	<i>Trichoderma</i>
2.	Sin solarización	Bio fumigación	<i>Trichoderma</i>
3.	Solarización	Sin bio fumigación	<i>Trichoderma</i>
4.	Solarización	Bio fumigación	<i>Beauveria</i>
5.	Sin solarización	Bio fumigación	<i>Beauveria</i>
6.	Solarización	Sin bio fumigación	<i>Beauveria</i>
7.	Sin solarización	Sin bio fumigación	<i>Beauveria</i>
8.	Sin solarización	Sin bio fumigación	<i>Trichoderma</i>
9.	Sin solarización	Sin bio fumigación	Sin hongos benéficos

6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el experimento se utilizó el diseño de bloques completos al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones.

6.6. MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico para el experimento fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij}: Variable de respuesta

U: Media general

T_i: Efecto del i....ésimo tratamiento

B_j: Efecto del j....ésimo bloque

Eijk: Efecto del error experimental

6.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental midió 1.95 m x 2.25 m. Se trabajó con un distanciamiento de 13 cm entre plantas y 15 cm entre surcos, colocando 15 surcos y 15 posturas por surcos, lo cual dio un total de 225 plantas. El distanciamiento entre calles fue de 0.50 m.

6.8. CROQUIS DE CAMPO

Las repeticiones fueron enumeradas y los tratamientos distribuidos como se observa en la figura 1.

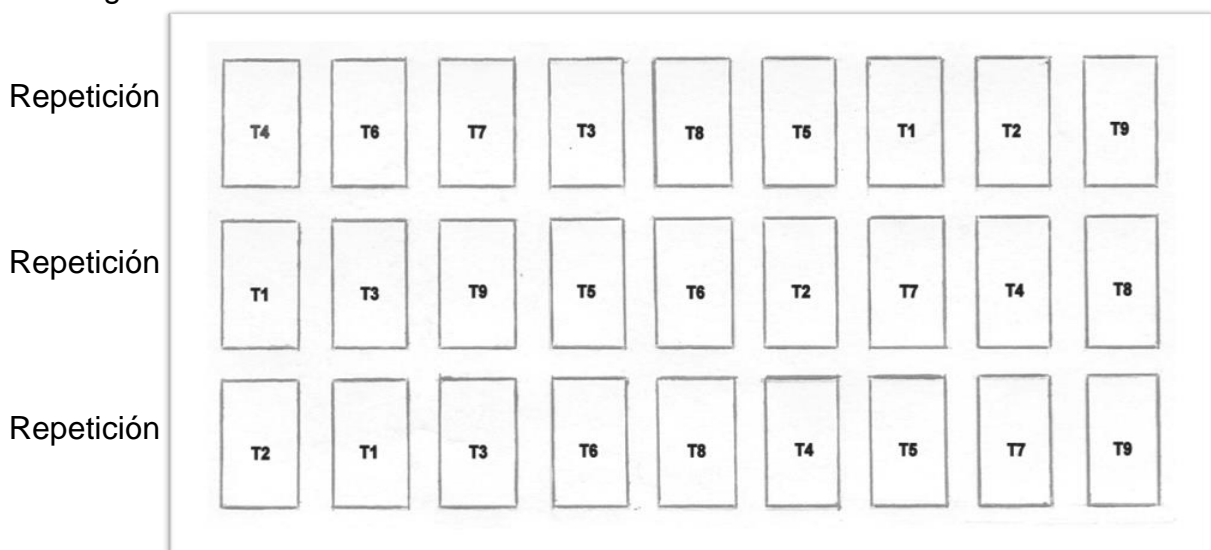


Figura 1. Croquis de campo de la distribución de los tratamientos

6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1. Selección del terreno

El terreno seleccionado para efectuar el experimento contó con características de infección, al realizarle un diagnóstico en laboratorio, considerando que el terreno tuviera el espacio suficiente y con suelo profundo para el buen desarrollo del cultivo.

6.9.2. Limpia del terreno

La limpieza del terreno se llevó a cabo una semana antes del desarrollo de la investigación, de manera manual. Además se realizaron tres limpiezas después de la siembra.

6.9.3. Trazado del terreno

Utilizando una cinta métrica se midió el terreno, seccionando los tablonces con pita plástica y estacas de madera a los cuales se les etiquetó según su orden. Realizando los levantados de tablonces correspondientes para efectuar de mejor manera el experimento.

6.9.4. Solarización

El solarizado se realizó después del levantado de tablonces, humedeciendo el terreno profundamente y cubriendo los tablonces con nailon transparente, asegurando que este permanezca bien tapado durante el tiempo de solarización, que fue de cincuenta días.

6.9.5. Bio fumigación

Para la bio fumigación se utilizaron residuos de brócoli (*Brassica oleraceae* L. variedad, Itálica), estos se picaron en forma manual, utilizado para ello un machete y agregando 2.5 kg/m² a los tratamientos, por 1.25 kg/m² de gallinaza pura. Después de saturar el suelo con agua, se colocó una película plástica transparente de 1.25/1000", sobre el mismo en los tratamientos, con el propósito de incrementar la temperatura del suelo y evitar el escape de sustancias volátiles del material orgánico.

6.9.6. Aplicación de *Trichoderma* sp. y *Beauveria* sp.

Se realizaron infusiones para la aplicación de *Trichoderma* y *Beauveria*, se procedió la extracción de los hongos en una cubeta de agua limpia lavando el sustrato que contiene el hongo, aplicándolo con bomba de mochila mediante aspersiones utilizando un volumen de agua de 10 litros (media bomba), en los tablonces correspondientes, con una dosis de 10×10^6 conidias por cc.

6.9.7. Aplicación de estiércol

El estiércol que se utilizó se aplicó después de la solarización y biofumigación en los tablones de acuerdo al requerimiento, en una dosis única de 14,000 kg/ha.

6.9.8. Siembra

La siembra se realizó al momento de terminar la solarización y biofumigación, los cuales se hicieron por pilones, sembrando 225 plantas por parcela, se hizo en forma manual haciendo un agujero de 10-12 cm, de profundidad depositando una plántula por cada agujero los cuales quedaron cubiertas con suelo fértil.

6.9.9. Fertilización química

En la fertilización química se utilizaron fertilizantes de fórmula compuesta (15-15-15) con una dosis estándar de 736 Kg/ha, la primera aplicación se realizó a los 20 días después del trasplante, la segunda aplicación a los 45 días después del trasplante, juntamente se realizó un aflojado de tierra. Las aplicaciones de fertilizantes se colocaron cerca de la planta para el aprovechamiento de los nutrientes.

6.9.10. Riego

El riego se realizó de acuerdo a las necesidades del cultivo. El tipo de riego que se utilizó fue por aspersión, en la instalación se hicieron conexiones de mangueras con su respectivo aspersor, tratando la manera de no mantener una humedad muy alta para evitar enfermedades fungosas. Las características del suelo franco arenoso del lugar y la evapotranspiración según el INSIVUMEH en estos días determinaron la lámina correspondiente de riego para este cultivo. (Sandoval, 1990).

6.9.11. Control de plagas

Para el control de plagas y enfermedades se realizaron dos aplicaciones, utilizando el insecticida (Imidacloprid con una dosis de 500 g/ha), actuando sistémicamente y por contacto en la planta. La primera aplicación se realizó a los ocho días de ser trasplantadas las plántulas y la segunda a los veinte días después del trasplante,

siguiendo la recomendación del fabricante, la plaga que afecta en el área es la mosca de la cebolla (*Delia Antiqua*).

6.9.12. Control de malezas

El control de malezas se realizó manualmente, cuando se determinó pertinente hacerlo, realizando tres limpiezas en el terreno del cultivo.

6.9.13. Cosecha

Se realizó en forma manual a los sesenta y cinco días después de la siembra, recolectándose, limpiándose y preparándose para ser pesados, los cuales fueron llevados al mercado de Zunil, identificando bien cada uno de los tratamientos para obtener los datos acerca de los componentes de rendimiento.

6.10. VARIABLES DE RESPUESTA

6.10.1. Plantas enfermas

En esta variable se levantaron datos semanales realizando conteo de plantas enfermas durante el establecimiento del cultivo en las parcelas de ensayo. Las observaciones realizadas en el experimento determinaron las características de las plantas enfermas; el amarillamiento de las hojas, desarrollo anormal de la planta, ápice de las hojas decaídas de color café oscuro, pudrición de raíz y bulbo de la cebolla, síntomas de manifestaciones causadas por los esclerocios.

6.10.2. Altura de planta

Se realizaron mediciones de plantas por unidad experimental, cada quince días durante el establecimiento del cultivo, realizándolo al azar en todos los tabloneros, determinando el número de plantas a medir por medio de la fórmula de muestreo de población. (Chapetón, 1999).

6.10.3. Número de esclerocios

El conteo de esclerocios se realizó en laboratorio con ayuda de los siguientes instrumentos; tubos de ensayo, gradilla, pizeta, mortero y pilón, varilla, cepillo para tubo de ensayo, frasco lavador, matraz elernmeyer, pipeta normal y volumétrica, vasos de precipitado, rejilla, pinzas para crisol, balanza analítica, espátula, platos petri, tamiz de 40, 60, 80,100 mesh, centrifugadora y microscopio, para lograr su análisis, donde se realizaron tres muestreos al suelo en el proceso de experimentación, el primer muestreo se efectuó al encontrar el terreno infestado de esclerocios, el segundo muestreo fue realizado después de la solarización y biofumigación y el tercer muestreo una semana antes de la cosecha, secando 25 gramos de suelo para el estudio y extrayendo el esclerocio mediante un lavado al suelo en los tamices de numero 40, 60 80, 100 mesh. El suelo tamizado es metido en tubos de ensayo con una solución de sacarosa 684 gramos por 1 litro de agua, se colocaron en la centrifugadora por 5 minutos a 2000 revoluciones por minuto, para luego lograr la recolección de los mismos por medio de un microscopio óptico. (Pérez, 2006).

6.10.4. Rendimiento de planta

Al finalizar la cosecha se limpiaron las plantas de cebolla las cuales se pesaron en una balanza para determinar el rendimiento, al final se hicieron los cálculos para obtener el peso total en kilogramos por hectárea.

6.11. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1. Análisis estadístico

Para la variable rendimiento, altura e incidencia de planta se realizó análisis de varianza, donde se encontraron diferencias significativas, continuamente se aplicaron las pruebas de tukey con nivel de significancia del 5%, utilizando software, versión 1.4, para determinar cuál de ellos es el mejor tratamiento. (Olivares, 1989).

6.11.2. Análisis económico

Moore (1990), reporta los análisis de costo basados en la rentabilidad de los tratamientos como criterio de decisión. Se consideraron parámetros como cambios de costos directos e indirectos, en la determinación de rentabilidad de cada tratamiento. Por tal razón se aplicó un análisis de rentabilidad, con los registros de costos directos e indirectos durante el proceso de producción y los ingresos obtenidos por la venta de la cebolla, para determinar económicamente cual era el mejor.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base al proyecto y a la actividad realizada en el campo, se presenta los resultados y la discusión de los mismos, obtenidos durante el proceso de ejecución. De acuerdo con los resultados alcanzados, estos han mostrado efectos que ayudan a controlar a la pudrición blanca. *Trichoderma* sp, integrada con los métodos físicos, proporcionan una alternativa viable en la intervención de los problemas provocados por (*Sclerotium cepivorum*), que produce la enfermedad de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla en el área de Zunil. Los métodos evaluados, en el presente experimento, fueron las herramientas para buscar la solución en el control del esclerocio. La respuesta con mayor beneficio se observa en el T1 y T4 compuesto por *Trichoderma*, *Beauveria* y los métodos físicos, solarización y biofumigación, con una duración de 50 días (01/10/2012-20/11/2012) con 7-8 horas de exposición a los rayos solares diarios, con el incremento de la temperatura del suelo a 60 ° C, se favoreció la liberación de gases contenidos por la materia orgánica, propiciaron la restricción de la población de esclerocios en el suelo. Se aplicó por aspersión *Trichoderma* y *Beauveria* (10×10^6 conidias por cc) con una bomba de mochila para obtener disminución de la población de esclerocios. En conjunto, antagonizaron para atenuar la población de esclerocios en el suelo, estas actividades fueron realizadas antes de la siembra, el resultado permite sustentar el efecto del antagonismo de *Trichoderma* sp, el cual dio un efecto positivo, al favorecer el rendimiento, vigor de los tallos, el tamaño de la planta y la reducción de la población de esclerocios en el cultivo.

Dentro de los biocontroladores, *Beauveria* sp y los métodos físicos solarización y biofumigación demostraron ser efectivos en el control de esclerocios en el suelo, como se observa en el (T4; Solarización, Biofumigación y *Beauveria* sp, 10×10^6 conidias por cc), con 2.6 esclerocios por 25 gramos de suelo, el T9 (testigo) con 13.3 esclerocios, el de mayor población. También logrando una altura de planta de 36.8 cm, no así, con el testigo que alcanzó una altura de 26.5 cm, hace de esta investigación un experimento importante para dar continuidad a seguir evaluando

estos bio controladores, al ser observada sus propiedades fungi antagónicas en el suelo, por haber propiciado la restricción de la población de esclerocios, que produce la pudrición blanca en la cebolla.

7.1. ALTURA DE PLANTA

Se realizaron mediciones para determinar la altura de planta, para cada uno de los tratamientos evaluados, figura 2.

La figura 2 y cuadro 27 en anexo, compara los efectos en términos de altura de planta, y se observa, que hay diferencias significativas en altura de plantas, el T1 con mayor altura de 38 cm, estos resultados demuestran, que donde se procedió a ejecutar la solarización, bio fumigación y *Trichoderma* en conjunto ayudaron a mejorar en términos de altura, al efectuar el Andeva, se puede observar en el cuadro 7, que la diferencia de 12 cm de altura de planta, es altamente significativa, lo que permite por metodología, realizar las pruebas de medias.

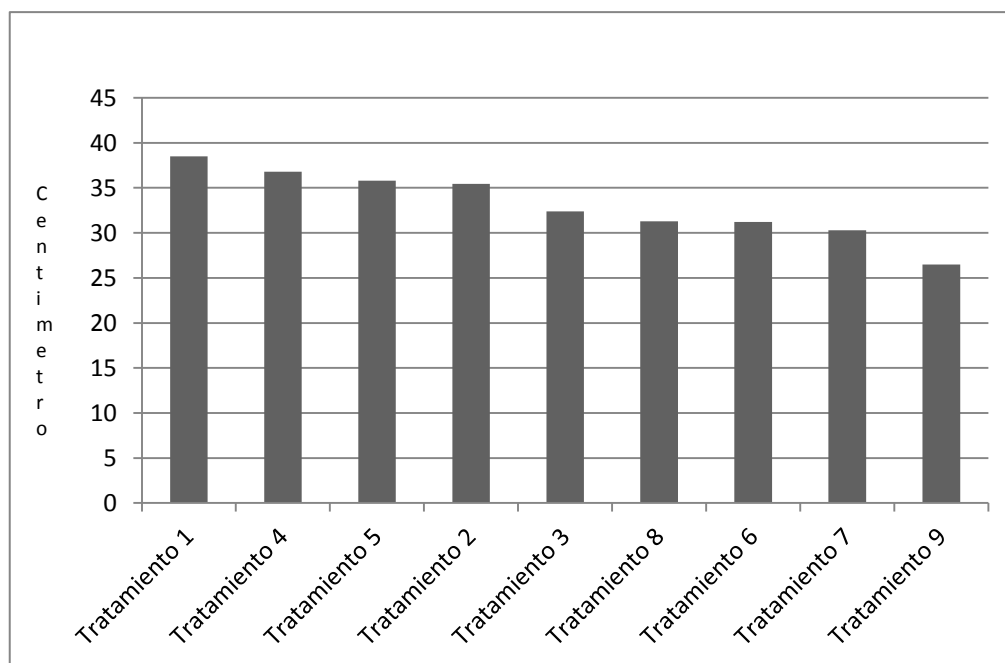


Figura 2. Demuestra la altura de planta, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Cuadro 7. Análisis de varianza, para la variable altura de planta, en métodos de control para la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

FT						
FV	GL	SC	CM	FC	5%	1%
Bloques	2	2.882813	1.441406	0.2544	3.63	6.23
Tratamientos	8	342.937500	42.867188	7.5800**	2.59	3.89
Error	16	90.484375	5.655273			
Total	26	436.304688				

CV 7.18%

** Altamente significativo

De acuerdo a los resultados, en el análisis de varianza se encontró alta significancia entre los tratamientos evaluados, por lo que se realizó la respectiva prueba de medias. El coeficiente de variación es confiable ya que se encuentra entre los rangos aceptables por su bajo porcentaje.

El cuadro 8 Despliega los resultados de la prueba de Tukey, demostrando que los tratamientos; (T1; solarización + biofumigación + *Trichoderma* sp, con 38.50 cm), (T4; solarización + biofumigación + *Beauveria* sp, 36.80 cm), (T5; biofumigación + *Beauveria* sp, 35.80 cm), (T2; biofumigación + *Trichoderma* sp, 35.43 cm), (T3; solarización + *Trichoderma* sp, 32.40 cm), superaron en términos de altura a los demás tratamientos favoreciendo la formación de follaje en las plantas en esta comparación. Revela que a medida, que mayores elementos de control se integraron mayor fue el efecto en la altura de planta. Y los tratamientos, T8; (*Trichoderma* sp, 31.30 cm), T7; (*Beauveria* sp, 30.30 cm) y T6; (solarización + *Beauveria* sp, 31.20 cm), fueron resultados estadísticamente similares, en el cual se realizaron controles físicos y biológicos, demostrando que los bio controladores, aplicados al suelo infestado sin ningún otro tratamiento de control no tiene el mismo efecto en el suelo que usándolo integradamente. El T9 testigo, con una altura de 26.50 cm, define el tardo crecimiento debido a que no hubo incorporación de los métodos biológicos y

físicos en la unidad experimental, existen diferencias significativas de 12 cm, entre el testigo y el T1, tratamiento de mayor altura en esta comparación.

Cuadro 8. Prueba de Tukey para la variable altura de planta (cm), en métodos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Tratamiento	Media en cm	Tukey
T1 Solarización+Biofumigación+ <i>Trichoderma</i> sp	38.50	A
T4 Solarización+Biofumigación+ <i>Beauveria</i> sp	36.80	A
T5 Biofumigación+ <i>Beauveria</i> sp	35.80	A
T2 Biofumigación+ <i>Trichoderma</i> sp	35.43	A
T3 Solarización+ <i>Trichoderma</i> sp	32.40	A
T8 <i>Trichoderma</i> sp	31.30	B
T6 Solarización+ <i>Beauveria</i> sp	31.20	B
T7 <i>Beauveria</i> sp	30.30	B
T9 Testigo	26.50	C

Wp 6.9

En los resultados anteriores en los tratamientos; T1, T2, T3, T4, T5, cabe mencionar una simbiosis positiva en el suelo, donde interacciona la descomposición del material vegetal, el desarrollo favorable de los hongos *Trichoderma* y *Beauveria* en el suelo, logrando en el proceso un sustrato que estará disponible en la superficie del suelo para las plantas, generando una mayor retención de humedad y protección para el desarrollo de las raíces de las plantas de cebolla inactivando el desarrollo de los esclerocios dando así una mayor altura de planta en estos tratamientos

En el caso del T9, el suelo se mantenía con menor humedad, permitiendo una mayor evapotranspiración de agua en el suelo por no tener una capa orgánica de protección privando a las raíces de las plantas de cebolla agua disponible para su desarrollo normal, esto permitió una mayor temperatura en el suelo favoreciendo el desarrollo micelial del esclerocio en los bulbos de cebolla afectando el crecimiento de las plantas.

7.2. PLANTAS ENFERMAS

Se tomó como base de la respuesta de los tratamientos las plantas enfermas, por cada grado que suba, significa pérdidas para el productor, una planta dañada es una planta sin valor comercial, la media de rendimiento de los tratamientos se expusieron en la figura 3 y cuadro 28 en anexo.

En la figura 3 y cuadro 28 en anexo, se volvieron a alinear los tratamientos en la forma descendente, al comparar el tratamiento T1, que integró varios métodos conocidos para el control de otras enfermedades del suelo con el T9, testigo absoluto, por no existir método conocido por efectivo, han demostrado que el agricultor experimenta pérdidas alarmantes, cercanas al 50 % de plantas a los 65 días de establecido el cultivo. La siguiente figura expone 100 plantas enfermas en el T9 de 225 evaluadas por unidad experimental.

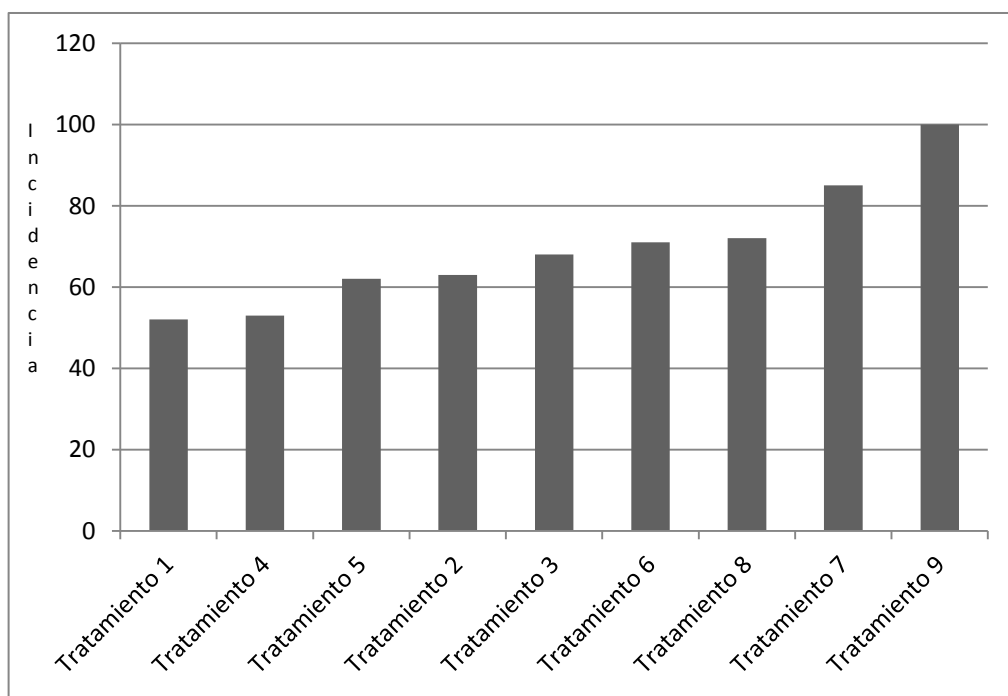


Figura 3. Conteo de plantas enfermas, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable conteo de plantas enfermas, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

	FT					
	FV	GL	SC	CM	FC	5%
1%						
Bloques	2	492.664063	246.332031	5.5721	3.63	6.23
Tratamientos	8	5574.664063	696.833008	15.7624 **	2.59	3.89
Error	16	707.335938	44.208496			
Total	26	6774.664063				

CV 9.5 %

** Altamente significativo

De acuerdo a los resultados, en el análisis de varianza, se encontró alta significancia entre los tratamientos evaluados por lo que se procedió a realizar la respectiva prueba de medias (cuadro 10). El coeficiente de variación está dentro de los límites aceptados.

Cuadro 10. Prueba de Tukey, para la variable conteo de plantas enfermas en métodos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Tratamiento	Media	Tukey
T1 Solarización+Biofumigación+ <i>Trichoderma</i> sp	52.00	A
T4 Solarización+Biofumigación+ <i>Beauveria</i> sp	53.00	A
T5 Biofumigación+ <i>Beauveria</i> sp	62.00	A
T2 Biofumigación+ <i>Trichoderma</i> sp	63.00	A
T3 Solarización+ <i>Trichoderma</i> sp	68.00	A
T6 Solarización+ <i>Beauveria</i> sp	71.00	A
T8 <i>Trichoderma</i> sp	72.00	B
T7 <i>Beauveria</i> sp	85.00	B
T9 Testigo	100.00	C

Wp 19

El cuadro 10, demuestra los resultados de la prueba de Tukey, indicando que el T1, T4, T5, T2, T3 y T6 fueron resultados positivos y similares estadísticamente, que

comprende entre 52 y 71 plantas enfermas de 225 experimentadas por tratamiento, en comparación al T9; Testigo con 100 plantas enfermas. Los resultados del T7; *Beauveria* sp, se observaron 85 plantas enfermas y T8; 72, debido a que en el tratamiento no se realizaron controles físicos que ayudara a inactivar la formación de los esclerocios, estos dos tratamientos fueron similares estadísticamente, demuestra una vez más el efecto que tuvieron los métodos físicos y biológicos en el suelo. Se observa en apoyo, que existe una tendencia, donde los tratamientos que incorporan más métodos, mejoran las posibilidades en la producción de cebollas de calidad. T8; (*Trichoderma* sp, con 72 plantas enfermas), demostró menos incidencia que *Beauveria* con 85 plantas.

Las consecuencias de la enfermedad de las plantas en el T9, alteraron el estatus fisiológico normal de desarrollo, las cuales fueron visibles en plantas afectadas consecuentemente por la pudrición blanca, donde el 50 % de ellas manifestaron síntomas como coloraciones amarillentas con desarrollos anormales en los bulbos, hojas, raíces y tallos, se debe de tomar en cuenta que en este tratamiento no hubo ningún procedimiento que ayudara a revertir el crecimiento y desarrollo del micelio en las raíces y bulbo de cebolla.

Se observa en el T8 y T7 con menos plantas enfermas con relación al testigo ya que en estos tratamientos fueron aplicados los hongos antagónicos *Trichoderma* y *Beauveria*, los cuales realizaron actividad fúngica, atacando parasitando y desarrollándose en el suelo impidiendo el desarrollo de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla.

Los resultados obtenidos en los tratamientos con ponderación A, fueron altamente positivos con relación a los demás comparaciones, con relación al grave daño ocasionado por la pudrición blanca, cabe mencionar que los métodos físicos y biológicos desarrollados para lograr este resultado en el suelo fueron altamente positivos previo a la siembra.

7.3. RENDIMIENTO DE PLANTA

El rendimiento de la planta de cebolla para cada uno de los tratamientos se muestra en el la figura 4 y cuadro 29 en anexo

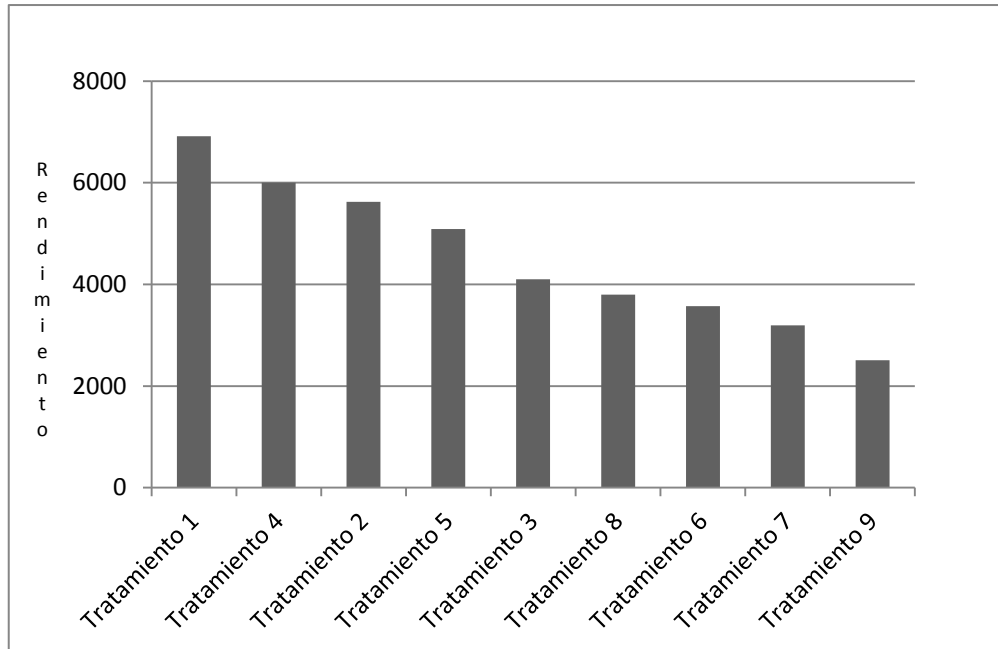


Figura 4. Demuestra el rendimiento de cebolla chata mexicana (kg/ha), integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

La figura 4 y cuadro 29 en anexo, despliega los rendimientos obtenidos en la aplicación de los tratamientos. El rendimiento, fue el factor más notorio en base a los efectos provocados por los métodos biológicos y físicos ya que hubo una diferencia de (4,407.07 kilos), entre el (T9; testigo) y (T1; solarización + biofumigación + *Trichoderma* sp.) que fue el de mayor rendimiento. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, con el propósito de discriminar los mismos, para ver si existen o no diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable rendimiento (kg/ha), integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

FT						
FV	GL	SC	CM	FC	5%	1%
Bloques	2	150144	75072	0.4522	3.63	6.23
Tratamientos	8	50652928	6331616	38.1368 **	2.59	3.89
Error	16	2656384	166024			
Total	26	53459456				

CV 8.9 %

** Altamente significativo

El cuadro 11. Demuestra que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos. Por lo que fue necesario aplicar la prueba de medias, para determinar el mejor método estadísticamente. Estando dentro de los parámetros de confiabilidad se acepta el C.V.

Cuadro 12. Prueba de Tukey, para la variable rendimiento de cebolla chata mexicana (kg/ha), integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Tratamiento	Media (kg/ha)	Tukey
T1 Solarización+Biofumigación+ <i>Trichoderma</i> sp.	6914.43	A
T4 Solarización+Biofumigación+ <i>Beauveria</i> sp.	6002.86	A
T2 Biofumigación+ <i>Trichoderma</i> sp.	5622.93	B
T5 Biofumigación+ <i>Beauveria</i> sp.	5091.00	B
T3 Solarización+ <i>Trichoderma</i> sp.	4103.00	C
T8 <i>Trichoderma</i> sp.	3799.00	D
T6 Solarización+ <i>Beauveria</i> sp.	3571.00	D
T7 <i>Beauveria</i> sp.	3191.00	D
T9 Testigo	2507.36	E

Wp 1183

El cuadro 12, despliega la prueba de tukey efectuada a las medias de rendimiento de los tratamientos, demostrando que el T1; solarización + biofumigación + *Trichoderma* sp y T4; solarización + biofumigación + *Beauveria* sp, fueron estadísticamente similares y los mejores métodos experimentados en esta comparación, observando que se encontró significancia para la integración de métodos, al rendir 6914.43 y 6002.86 kg/ha, de bulbos de cebolla, en comparación al (T9) testigo con 2507.36 kg/ha, genera una alternativa al agricultor en el control de la pudrición blanca en parcelas infectadas con *Sclerotium cepivorum*, seguidamente los tratamientos T2; 5622.93 kg/ha y T5; 5091 kg/ha, con menor utilidad en esta comparación, refleja los resultados de estos dos tratamientos donde no se realizó el método de solarización aun el resultado es positivo en comparación al testigo. El método del T3; solarización + *Trichoderma* sp, con 4103 kg/ha, resulto ser más efectivo que los T6; solarización + *Beauveria* sp; 3571 kg/ha, T7; *Beauveria* sp; 3191 kg/ha y T8; *Trichoderma* sp; 3799 kg/ha, demostrando una vez más que *Trichoderma* genera mayor competencia y mico parasitismo que *Beauveria* en el control de los esclerocios resultados manifestados en el rendimiento para esta evaluación. El tratamiento testigo, logrando un rendimiento de 2507.36 kg/ha, con un 50 % de plantas enfermas en el tablón de ensayo, hace una diferencia de (4,407.07 kilos), con el de mayor rendimiento, (T1; solarización + biofumigación + *Trichoderma* sp con; 6914.43) Este resultado demuestra que los métodos de control ayudaron a restringir la población de esclerocios que causa la enfermedad de la pudrición blanca, a los sesenta y cinco días después de la siembra.

Observando el rendimiento en el primer grupo T1 y T4, *Trichoderma* y *Beauveria* lograron un efecto antagónico desarrollando mecanismos de control en el suelo compitiendo con *sclerotium cepivorum*, por espacio y nutrientes, ocupando un lugar ecológico en las raíces de las plantas de cebolla las cuales protegieron y ayudaron su buen desarrollo, suprimiendo cualquier patógeno en el suelo, tomando en cuenta la reducción de los esclerocios con el procedimiento del solarizado y de los gases formados por la bio fumigación en la superficie del suelo.

El segundo grupo T2 y T5 manifiesta el efecto con menor rendimiento que causo la solarización en la desinfección del suelo en comparación con los T1 y T4 con mayor control de la enfermedad que causa la pudrición blanca en los bulbos de cebolla

La manera de siembra tradicional del cultivo de cebolla a los productores no les ha dado buenos resultados en cuanto a rendimientos por el grave daño que causan los esclerocios como se demuestra en el cuadro anterior el T9 tiene los rendimientos más bajos respecto a los demás tratamientos.

7.4. CONTEO DE ESCLEROCIOS

Después de efectuar los muestreos para cada uno de los tratamientos evaluados, se realizó el conteo de esclerocios en laboratorio con instrumentos adecuados y son presentados en la figura 5.

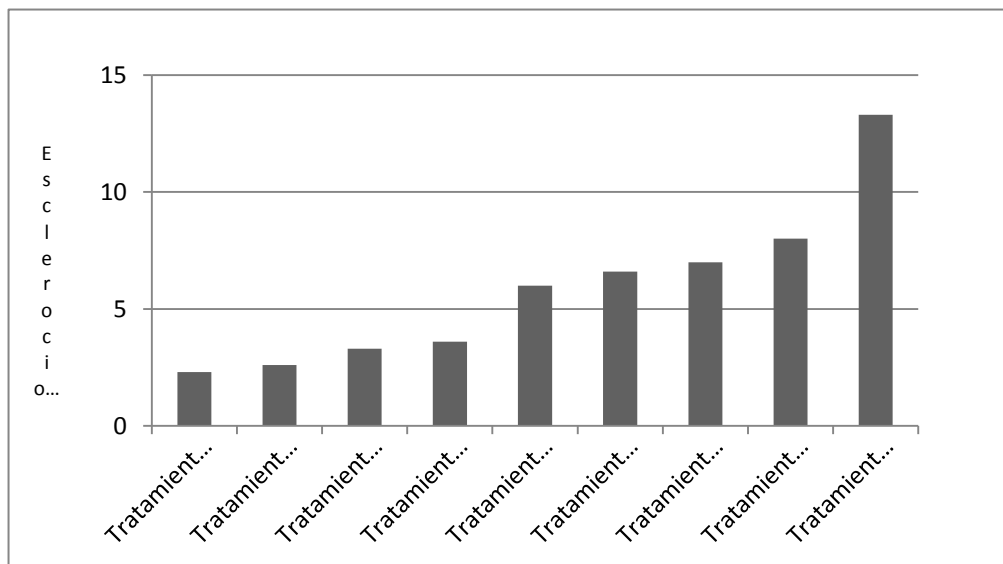


Figura 5. Demuestra la variable conteo de esclerocios, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca de la cebolla en Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable conteo de esclerocios, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

FT						
FV	GL	SC	CM	FC	5%	1%
Bloques	2	9.55	4.77	5.3	3.63	6.23
Tratamientos	8	288.67	36.08	40.08 **	2.59	3.89
Error	16	14.45	0.9			
Total	26	312.67				

CV 16 %

** Altamente significativo

El cuadro 13. Demuestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, por lo que se recomienda realizar la prueba de medias para identificar el o los mejores tratamientos. El coeficiente de variación es confiable por encontrarse dentro de los límites aceptados para la investigación agrícola.

El cuadro 14, observa el comportamiento residual de los T1; solarización + biofumigación + *Trichoderma* sp, T4; solarización + biofumigación + *Beauveria* sp, T2; biofumigación + *Trichoderma* sp y T5; biofumigación + *Beauveria* sp, al determinar menor formación de la población de esclerocios en el suelo luego de efectuada la cosecha, oscilando de 2.3 a 3.6 esclerocios viables por 25 gramos de suelo seco, en esta comparación los bio controladores, *Trichoderma* sp y *Beauveria* sp, como ente antagonista suprimieron el desarrollo de los agentes causales de la pudrición blanca, el material orgánico utilizado en la bio fumigación favoreció el desarrollo de los bio controladores en el suelo, la elevación de la temperatura por el solarizado redujo el crecimiento normal de los esclerocios, el cual da fundamento para demostrar que los métodos físicos y biológicos aplicados participaron en la reducción de dicha población, en donde por observación al momento de seleccionar el terreno para efectuar la investigación, las infecciones en el gran número de bulbos de rechazo que contuvo la cosecha que antecedió al ensayo y en razón de los

demás tratamientos evaluados. El T9 fue el de mayor población de esclerocios con 13.3 esclerocios viables en 25 gramos de suelo seco analizado en el estudio, los tratamientos T8, T7 y T3 revelaron resultados similares 6.6 a 8 esclerocios viables en las unidades experimentales, en menor cantidad que el testigo T9, y el T6 con 6 esclerocios, demostrando que *Beauveria*, *Trichoderma* y los métodos de control causaron un efecto positivo en el suelo respecto a la inhibición de la población de esclerocios.

Cuadro 14. Prueba de Tukey, para la variable, conteo de esclerocios, a los sesenta y cinco días después del trasplante, en métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Tratamiento	Media Esclerocios/25 g. de suelo	Tukey
T1 Solarización+Biofumigación+ <i>Trichoderma</i> sp	2.3	A
T4 Solarización+Biofumigación+ <i>Beauveria</i> sp.	2.6	A
T2 Biofumigación+ <i>Trichoderma</i> sp.	3.3	A
T5 Biofumigación+ <i>Beauveria</i> sp.	3.6	A
T6 Solarización+ <i>Beauveria</i> sp	6.0.	B
T3 Solarización+ <i>Trichoderma</i> sp.	6.6	C
T7 <i>Beauveria</i> sp.	7.0	C
T8 <i>Trichoderma</i> sp.	8.0	C
T9 Testigo	13.3	D

Wp 2.8

Los tratamientos del grupo A con bajos porcentajes en presencia de esclerocios en el suelo respecto a los demás tratamientos, se debe a que los métodos de control aplicados afectaron el proceso de desarrollo de estos patógenos causando vulnerabilidad en el proceso de crecimiento y formación del esclerocio, la solarización y bio fumigación como factor importante en el suelo con la desinfección y control de la enfermedad de la pudrición blanca. La ausencia de métodos paliativos que ayuden

a contrarrestar el problema de los esclerocios se refleja en el T9 con mayor número de esclerocios en el suelo.

7.5. RENTABILIDAD

Debido a la respuesta estadística favorable del tratamiento 1 y 4, se hizo la evaluación agroeconómica de las respuestas, por medio de la herramienta de la rentabilidad para los nueve tratamientos evaluados. Los resultados de la rentabilidad se muestran en el cuadro 15.

Cuadro 15. Rentabilidad de nueve tratamientos (kg/ha), en métodos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Tratamientos	Media (kg/ha)	Rentabilidad
T1 Solarización+Biofumigación+ <i>Trichoderma</i> sp	6,914.43	36 %
T2 Biofumigación+ <i>Trichoderma</i> sp	5,622.93	12 %
T3 Solarización+ <i>Trichoderma</i> sp	4,103.00	1 %
T4 Solarización+Biofumigación+ <i>Beauveria</i> sp	6,002.86	19 %
T5 Biofumigación+ <i>Beauveria</i> sp	5,091.00	2 %
T6 Solarización+ <i>Beauveria</i> sp	3,571.00	0 %
T7 <i>Beauveria</i> sp	3,191.00	0 %
T8 <i>Trichoderma</i> sp	3,799.00	0 %
T9 Testigo	2,507.36	0 %

Se observa que por ingresos económicos por la venta de la cebolla (de 1 kg a un precio por unidad de Q. 9.00), el T1 (Solarización + Biofumigación + *Trichoderma* sp), obtuvo una rentabilidad del 36 %, lo cual indica el nivel de factibilidad que tiene este método al respecto del rendimiento de campo. No obstante el, T4 cuenta con una rentabilidad aceptable, pero en menor porcentaje. Un porcentaje de rentabilidad dentro de un proyecto es aceptable si este es mayor a la tasa de interés en préstamos del sistema bancario, la que actualmente se encuentra más baja en un 17 % en los bancos del sistema de Guatemala.

7.6 ANÁLISIS FACTORIAL

Dada la naturaleza de la investigación el análisis de los resultados obtenidos, en el protocolo de investigación se planteó como un diseño de bloques completos al azar sin embargo el modelo propuesto no evalúa la interacción entre *Beauveria sp.* Solarizado y Bio fumigado, similar situación se da al analizar el efecto de *Trichoderma sp.* Solarizado y Bio fumigado con la finalidad de determinar el efecto de dichas interacciones los datos obtenidos para cada una de las variables se procede a realizar el análisis a través de un arreglo combinatorio (2X2x2), siendo el factor A el control físico (solarizado), factor B control Químico (Biofumigado) y factor C control biológico (*Trichoderma* y *Beauveria*). El modelo estadístico propuesto para dicho análisis complementario es;

$$Y_{ijkl} = u + f_j + Q_j + B_k + F_i Q_j + F_i B_k + Q_j B_k + F_j Q_j B_k + B_i + E_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Variable de respuesta asociada a la $ijkl$ -ésima unidad experimental

U = Media general

F_i = Efecto del i -ésimo control físico (con y sin solarización)

Q_j = Efecto del j -ésimo control químico (con y sin biofumigación)

B_k = Efecto del k -ésimo control biológico (*Trichoderma*, *Beauveria*)

$F_i Q_j$ = Efecto de la interacción del i -ésimo control físico con el j -ésimo control químico

$F_j B_k$ = Efecto de la interacción del i -ésimo control físico con el k -ésimo control biológico

$Q_j B_k$ = Efecto de la interacción del j -ésimo control químico con el k -ésimo control biológico

$F_j Q_j B_k$ = Efecto de la triple interacción del i -ésimo control físico, con el j -ésimo control químico y el k -ésimo control biológico.

B_i = Efecto de la i -ésima repetición

E_{ijkl} = Error experimental (asociado a la $i-j-k-l$ -ésima unidad experimental).

Los resultados de este análisis factorial se describen continuamente con sus cuadros y datos respectivos

7.6.1 ALTURA DE PLANTA

Para la variable altura de planta se tomó como criterio los resultados obtenidos del cuadro 27 en anexo, pero únicamente se consideraron los tratamientos del uno al ocho en función de dichos datos en el cuadro 16, se observa el análisis de varianza.

Cuadro 16. Análisis de varianza en diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 para la variable altura del planta, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

FT							
FV	GL	SC	CM	FC	5%	1%	
BLOQUES	2	0.230469	0.115234	0.0176			
FACTOR A	1	10.806641	10.806641	1.6483			
FACTOR B	1	157.597656	157.597656	**24.0379	4.60	8.86	
FACTOR C	1	2.740234	2.740234	0.4180			
AXB	1	2.867188	2.867188	0.4373			
AXC	1	3.294922	3.294922	0.5026			
BXC	1	0.000000	0.000000	0.0000			
AXBXC	1	0.515625	0.515625	0.0786			
ERROR	14	91.787109	6.556222				
TOTAL	23	269.835938					

CV 7.5 %

** Altamente significativo

Los resultados anteriores demuestran diferencias estadísticas altamente significativas en cuanto a la altura de planta para el factor B, al 5% y 1%, cabe mencionar que en terrenos infectados de esclerocios la bio fumigación juega un papel importante, la adición de residuos orgánicos al suelo puede aumentar la eficacia de control por la liberación de gases a una mayor profundidad lo cual se manifiesta en las plantas por una mayor altura, demostrando también que en los

factores A y C no existe diferencia significativa lo cual demuestra que los métodos biológicos y físicos aplicados independientemente no tienen el mismo efecto sobre altura de planta similar situación ocurre con las interacciones; AXB, BXC y AXBXC donde no existe diferencia significativa. Por lo tanto es recomendable realizar una prueba de medias para los niveles del factor B. El coeficiente de variación es aceptable por su bajo porcentaje

Cuadro 17. Tabla de medias prueba de Tukey para el factor B (Químico), para la variable altura del planta bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Químico	Media en cm.	Tukey
Bio fumigado	36.6	A
Sin Bio fumigación	31.5	B

Wp. 4.5

El cuadro anterior despliega los resultados efectuados a las pruebas de media para los niveles del factor B donde la bio fumigación fue el mejor tratamiento y expone como técnica de aplicación en las plantaciones con mayor desarrollo vegetativo y tamaño de planta en el experimento. La bio fumigación de manera independiente dio mejores respuestas que los bio controladores y el solarizado en conjunto y de manera independiente, es por esto que la interacción entre ambos factores obtiene respuestas no convincentes. Con mayor altura la Bio fumigación con 36.6 cm donde los gases generados por medio de la materia orgánica ayudaron a reducir la enfermedad en los tablonos los cuales permitieron un mayor desarrollo en la planta estos efectos resultan benéficos para el cultivo de cebolla mejorando la comunidad microbiana del suelo y cada vez más manteniendo un suelo más protegido. La integración de materia orgánica mejora las propiedades físicas del suelo como la textura y estructura que da un mejor reservorio de nutrientes y sustrato para el buen desarrollo de las raíces de la cebolla con una mejor retención de agua

proporcionando menos infiltración y evaporación de la misma donde se hace evidente en mayor altura de planta.

Para el análisis de la variable plantas enfermas se tomó como criterio los resultados obtenidos del cuadro 28 en anexo, pero únicamente se consideraron los tratamientos del uno al ocho, según los datos en el cuadro 18, se observa el análisis de varianza.

Cuadro 18. Análisis de varianza en diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 para la variable plantas enfermas, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

FT						
FV	GL	SC	CM	FC	5%	1%
BLOQUES	2	346.750000	173.375000	4.8231	3.74	6.51
FACTOR A	1	541.500000	541.500000	*15.0641	4.60	8.86
FACTOR B	1	1633.500000	1633.500000	**45.4426	4.60	8.86
FACTOR C	1	96.000000	96.000000	2.6706		
AXB	1	1.500000	1.500000	0.0417		
AXC	1	24.000000	24.000000	0.6677		
BXC	1	96.000000	96.000000	2.6706		
AXBXC	1	54.000000	54.000000	1.5022		
ERROR	14	503.250000	35.946430			
TOTAL	23	3296.500000				

CV. 9.1 %

** Altamente significativo

Según los resultados del cuadro anterior se encontró alta significancia estadística para el factor A y para el factor B al 5% y 1%, no así para el factor C tampoco para las interacciones AXB, AXC, BXC y AXBXC, Por lo tanto es recomendable efectuar prueba de medias para los niveles del factor A y B.

Por su bajo porcentaje el coeficiente de variación es aceptable en la experimentación agrícola.

Cuadro 19. Tabla de medias prueba de Tukey para el factor A (Físico), variable plantas enfermas bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Físico	Media	Tukey
Solarización	61.00	A
Sin Solarización	70.50	B

Wp. 5.24

El cuadro anterior demuestra los resultados obtenidos a la prueba de medias para los niveles del factor A, la solarización con 61 plantas enfermas fue el mejor resultado en esta comparación, factor que redujo la incidencia de la pudrición blanca dentro de la experimentación, esto nos corrobora que la solarización de manera independiente ayuda a minimizar el desarrollo del patógeno que causa la enfermedad en las plantas de cebolla, la solarización en el suelo crea vacíos micro biológicos lo cual ayuda a la penetración de luz solar en las capas del suelo de esta forma minimiza la presencia de población de hongos maléficos a razón de estos efectos se obtuvieron mayores plantas sanas en el experimento. El efecto de la solarización sobre el suelo fue altamente positivo, la radiación solar es letal para los microorganismos móviles y patógenos maléficos encontrados en las primeras capas del suelo los cuales causan enfermedades a las plantas y es donde actúa el solarizado saneando esta parte del sustrato para que las raíces de las plantas se desarrollen normalmente manteniéndose libre de estos organismos que afectan el buen funcionamiento fisiológico de las plantas de cebolla en terrenos infestados de enfermedades. Los niveles del factor A demostraron ser efectivos para el control de dicha enfermedad pero no así la interacción de ambos factores, a respuesta de esto se deduce que el calentamiento del suelo con ayuda del plástico reduce la cantidad de estos organismos patógenos denominados esclerocios, con la elevación de temperatura

hasta los 50⁰ C, en efecto positivo para las plantas, por observación visual la enfermedad incidió más en los tablonos donde no se realizó esta técnica agronómica.

Cuadro 20. Tabla de medias prueba de Tukey para el factor B (Químico), variable plantas enfermas bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana Zunil Quetzaltenango, Guatemala, 2015

Químico	Media	Tukey
Bio fumigado	57.50	A
Sin Bio fumigación	74.00	B

Wp. 10.5

El cuadro anterior demuestra los resultados obtenidos a las prueba de medias para los niveles del factor B, la bio fumigación con menor incidencia de enfermedad en el experimento, a respuesta de ello se refleja con 57.50 plantas enfermas fueron los resultados más notorios en el experimento en cuanto a la variable plantas enfermas. La adición de residuos orgánicos al suelo incrementa la eficacia de la bio fumigación como resultado menos plantas enfermas en los tablonos de experimentación. La biodegradación del material orgánico en esta práctica agrícola estimula la actividad microbiana del suelo generando espacio e intercambio de gases fumigantes por lo que tiene un efecto bio mejorante en la formación química del sustrato. Así mismo el efecto fumigante disminuye la plaga y desarrollo de los organismos una vez más la bio fumigación demuestra ser efectiva y una alternativa de control en aplicación de manera independiente para la enfermedad de la pudrición blanca, como se observa los resultados anteriores. La pudrición blanca se desarrolla en ambientes con poca humedad y temperaturas altas con la práctica de bio fumigación desfavorece estos factores por la buena composición estructural del suelo después del uso de esta técnica agronómica.

Para la variable rendimiento se tomó como criterio los resultados obtenidos del cuadro 29 en anexo, pero únicamente se consideraron los tratamientos del uno al ocho, en función de dichos datos en el cuadro 21, se observa el análisis de varianza.

Cuadro 21. Análisis de varianza en diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 para la variable rendimiento, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

FT						
FV	GL	SC	CM	FC	5%	1%
BLOQUES	2	246208.00000	123104.00000	0.7014	3.74	6.51
FACTOR A	1	3124864.00000	3124864.00000	*17.8081	4.60	8.86
FACTOR B	1	30149760.00000	30149760.00000	**171.8081	4.60	8.86
FACTOR C	1	2501632.00000	2501632.00000	*14.2564	4.60	8.86
AXB	1	866432.00000	866432.00000	*4.9377	4.60	8.86
AXC	1	34752.00000	34752.00000	0.1980		
BXC	1	34688.00000	34688.00000	0.1977		
AXBXC	1	77632.00000	77632.00000	0.4424		
ERROR	14	2456640.00000	75474.00000			
TOTAL	23	39492608.00000				

CV 8.7 %

** Altamente significativo

Existen diferencias estadísticas altamente significativas en cuanto al rendimiento de planta para el factor B, al 5% y 1%, para el factor A y C diferencias estadísticas significativas al 5% y 1% para la interacción AXB diferencias estadísticas significativas al 5%, no existe efecto de las interacciones en el rendimiento de los bulbos de cebolla en las combinaciones; AXC, BXC Y AXBXC por no haber encontrado significancia. Por lo tanto es recomendable efectuar prueba de medias para los niveles del factor C así mismo en la interacción AXB según el cuadro anterior. Por su bajo porcentaje el coeficiente de variación es aceptable.

Cuadro 22. Tabla de medias prueba de Tukey para el factor C (Biológico), para la variable rendimiento de planta bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Biológico	Media en Kg	Tukey
<i>Trichoderma</i>	5109.8	A
<i>Beauveria</i>	4464.1	B

Wp. 480.5

El cuadro anterior demuestra los resultados obtenidos en los niveles del factor C, el hongo *Trichoderma* tuvo un efecto positivo en el desarrollo de la pudrición blanca incrementando los rendimientos de los bulbos de cebolla en el terreno con 5109.8 Kg, fue el tratamiento con mayor rendimiento en esta comparación, los hongos de forma independiente compiten por el espacio y desarrollo en el sustrato, esta es una característica de estas cepas mico parásitas que son capaces de detener el crecimiento y la formación del esclerocio en muchos casos su destrucción, en su actividad biológica también son capaces de producir antibióticos volátiles y no volátiles para efectuar bio control en cualquier patógeno con una gran habilidad de competencia por espacio y nutrientes en el suelo alrededor de las raíces de los bulbos de cebolla mejorando de esta forma el crecimiento fisiológico del cultivo en los tabloncillos de ensayo, cabe mencionar que tanto *Trichoderma* como *Beauveria* inhiben el crecimiento del micelio de los esclerocios mejorando el rendimiento en el experimento de manera independiente, respuesta al buen desarrollo de las plantaciones de cebolla

Cuadro 23. Tabla de medias prueba de Tukey para la interacción AXB, para la variable rendimiento de planta bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Físico	Químico	Media en Kg	Tukey
Solarizado	Bio fumigado	6458.65	A
Sin Solarización	Bio fumigado	5356.97	B
Solarizado	Sin Bio fumigación	3837.00	C
Sin Solarización	Sin Bio fumigación	3495.00	D

Wp. 480.5

El cuadro anterior demuestra los resultados de los niveles de la interacción AXB en cuanto a rendimiento y demuestra viabilidad en la aplicación de las técnicas conjuntamente solarización y bio fumigación con 6458.65 kg fue el tratamiento de mayor peso en esta comparación por esto manifestamos la efectividad de la bio fumigación y que mejora con el uso de cubiertas de nylon o en combinación con la solarización la alta temperatura que se origina en su proceso de descomposición potencia su efecto sobre los microorganismos del suelo, la incorporación de la materia orgánica debe complementarse con un riego inicial para mantener húmedo el material incorporado y de cubierta plásticas para capturar la energía solar mantener la humedad y retener los gases en el interior del suelo demostrando un alto rendimiento en las plantas de cebolla, donde a simple observación el sustrato del suelo es de coloración más oscura que los demás tablonés con una mejor textura.

Para la variable conteo de esclerocios se tomó como criterio los resultados obtenidos del cuadro 30 en anexo, pero únicamente se consideraron los tratamientos del uno al ocho, en función de dichos datos en el cuadro 24, se observa el análisis de varianza.

Cuadro 24. Análisis de varianza en diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 para la variable conteo de esclerocios, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

FT						
FV	GL	SC	CM	FC	5%	1%
BLOQUES	2	8.583313	4.291656	*5.5891	3.74	6.51
FACTOR A	1	8.166626	8.166626	*10.6356	4.608.	86
FACTOR B	1	96.000000	96.000000	**125.0233	4.60	8.86
FACTOR C	1	0.666687	0.666687	0.8682		
AXB	1	0.000061	0.000061	0.0001		
AXC	1	0.000000	0.000000	0.0000		
BXC	1	1.500000	1.500000	1.9535		
AXBXC	1	0.166626	1.166626	0.2170		
ERROR	14	10.750000	0.767857			
TOTAL	23	125.833313				

CV 17.8 %

** Altamente significativo

El análisis de varianza demuestra en tratamientos la fuente de variación más significativa en la variable conteo de esclerocios según el cuadro anterior demuestra alta diferencia estadística significativa para el factor B al 1% y 5%, para el factor A diferencia significativa al 1% y 5%, también existe diferencia estadística en bloques, según los resultados no existe diferencia estadística significativa para el factor C ni en las interacciones AXB AXC BXC y AXBXC según las significancias encontradas es recomendable efectuar prueba de medias para los niveles del factor A y B. Por su bajo porcentaje el coeficiente de variación es aceptable.

Cuadro 25. Tabla de medias prueba de Tukey para el factor A (Físico), para la variable conteo de esclerocios bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la

podrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Físico	Media	Tukey
Solarizado	4.3	A
Sin Solarización	5.5	B

Wp. 0.70

El cuadro anterior demuestra los resultados obtenidos a la prueba de medias para los niveles del factor A, la solarización como técnica aplicada al suelo previo a la siembra para la desinfección disminuye el brote de la enfermedad que provocan estos cuerpos duros denominados esclerocios, mientras mayor horas luz recibe el terreno a tratar, obtenemos mayor control de patógenos, el calor por el incremento de temperatura es el que suprime el crecimiento de la podrición blanca en el bulbo de cebolla.

El acolchado del suelo previo a buena humedad hace a que el solarizado alcance niveles letales para la micro flora provocando complejas modificaciones en las propiedades físico-químicas del suelo.

Cuadro 26. Tabla de medias prueba de Tukey para el factor B (Químico), para la variable conteo de esclerocios bajo el diseño bloques completos al azar con arreglo combinatorio 2x2x2 integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la podrición blanca en el cultivo de la cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Químico	Media	Tukey
Bio fumigado	2.9	A
Sin Bio fumigar	6.9	B

Wp. 1.5

El cuadro anterior demuestra los resultados de los niveles del factor B para la variable conteo de esclerocios y afirman que los gases generados por la bio

fumigación ayudaron a disminuir el desarrollo del esclerocio en el sustrato del suelo para que estos no causaran mayor daño al desarrollo y crecimiento de la planta en los tablonces de experimento, y que el tratamiento preventivo al suelo con hojas verdes, desechos orgánicos que al descomponerse producen gases volátiles de diferentes químicos logrando la bio fumigación al menos en el horizonte superficial del suelo que es donde las raíces de las plantas de cebolla desarrollan se puede deducir que esta técnica dio buenos resultados para minimizar el problema del esclerocio logrando menguar la enfermedad de la pudrición blanca que estos patógenos producen en las plantaciones de cebolla, la solarización con 2.9 esclerocios en esta comparación que fue el tratamiento con menor presencia de esclerocios en el experimento realizado.

VIII. CONCLUSIONES

Según el análisis los tratamientos T1 Solarización+Biofumigación+*Trichoderma*, T4 Solarización+Biofumigación+*Beauveria*, T5 Biofumigación+*Beauveria*, T2 Biofumigación *Trichoderma*, T3 Solarización+*Trichoderma* y T6 Solarización+*Beauveria* son estadísticamente iguales en la cantidad de plantas enfermas

Según el análisis los tratamientos T1 Solarización+Biofumigación+*Trichoderma*, T4 Solarización+Biofumigación+*Beauveria*, T5 Biofumigación+*Beauveria*, T2 Biofumigación *Trichoderma*, T3 Solarización+*Trichoderma* son estadísticamente iguales en la máxima altura de planta

Según el análisis los tratamientos T1 Solarización+Biofumigación+*Trichoderma*, T4 Solarización+Biofumigación+*Beauveria*, T2 Biofumigación y T5 Biofumigación +*Beauveria*, son estadísticamente iguales en cuanto a inóculo residual

Según análisis tratamientos T1 Solarización+Biofumigación+*Trichoderma*, T4 Solarización+Biofumigación+*Beauveria*, son estadísticamente iguales en el máximo rendimiento de cebolla

Respecto a los ingresos económicos los tratamientos T1 Solarización+Biofumigación +*Trichoderma*, T4 Solarización+Biofumigación+*Beauveria* presentaron rentabilidades superiores al testigo del agricultor.

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación del método solarizado y bio fumigado con hongos benéficos en los terrenos infectados con esclerocios ya que con los resultados obtenidos se determinó un incremento en las variables de rendimiento, altura de planta así también redujo la incidencia de enfermedad y presencia de esclerocios en los bulbos de cebolla

Evaluar nuevos estudios y métodos de control con cepas de *Trichoderma viride* L4 y S17A en terrenos infectados de esclerocios para disminuir la pudrición blanca en el cultivo de cebolla optando nuevos procesos aplicación de técnicas científicas y dosis.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Astley, D. (2003) Genetic resource of (*Allium*) species, International board for plant. Genetic Resource. 1ra edición. Editorial Iosa, Roma.
- Bello, L. (2001). Desinfección de suelos biología y epidemiología. Editorial Fedc, Guanajuato México 4p. pp. 14-22
- Boyhan, G. (2003). Determinación del tamaño adecuado de parcela experimental. Departamento de fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo vol. 29 editorial EPSA, México Texcoco. Pág. 340
- Brazellton, L. (1968). Eliminando los patógenos malignos del suelo. Editorial Trillas, México, D.F. Pág. 121
- Britton, J. (1999). Matemáticas contemporáneas. 1era edición. Editorial Harla, México.
- Calderón, E. (2000). Cultivo de la cebolla puerro y ajos. Edit. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dinare-DIGESA. Única Edición.
- Castellanos. D. (2011). Generación de métodos de control en la pudrición blanca de la cebolla, evaluaciones in vitro. Evaluación de la patogenicidad de dos fungi antagonistas (entrevista). Quetzaltenango, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.
- Clarkson, R. (2002). Control biológico en hortalizas. Editorial Fedc, Guanajuato México. 6 p. 25-35.

- Crowe, F. (1999). Soil temperatura and moisture effects on sclerotia germination and infection of onion seedlings, by (*Sclerotium cepivorum*). Phytopathology única edición, editorial Harla, Eastlywod 70: 74-78.
- Chapetón M. (1999). Estadística descriptiva. 1era edición. Editorial Piedra Santa. Guatemala, Centro América. Pág. 80
- Disagro, (2003). Nutrientes removidos por el cultivo (kg/ha), en base a producción por tonelada. (Correspondencia personal).
- Gudiel, V. (2000). Manual Agrícola Superb. IV edición. Guatemala C.A.
- Granado, M. (2007). Efecto de Biocontroladores en fincas productoras de cebolla sobre la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*), Editorial FACD, Agronomía Costarricense.
- Izquierdo, J. (2003). Producción pos-cosecha procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate, 2da edición. Editorial SATA, Santiago de Chile.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, ICTA (2011). Síntomas de la pudrición blanca de la cebolla en el municipio de Zunil Quetzaltenango. (Correspondencia personal)
- James J. (2002). Administración financiera. 3ra edición. Editorial Trillas México pág. 250
- Mejía, M. (1996). Manual agropecuario tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. 2da edición. Editorial Amsa, Bogotá, Colombia. Tomo I. Pág. 699.

- Metcalf, D. (1998). Efecto de la (*Trichoderma*) en la supresión de (*Sclerotium cepivorum*). White rot onion. Plant Disease. Edición Editorial Acsa Toronto. Pág. 88:287-291.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación MAGA, (2010). Resultados Exportación de cebolla en Guatemala 2010. CD-ROM Guatemala, C.A.
- Moore, J. (1990). Matemática Financiera. 2da edición. Editorial CECSA. México D.F. Pág. 432-470.
- Obregón, M. (1990). Evaluación in vitro del poder antagónico de *Trichoderma harzianum*, con respecto al hongo fitopatógeno *Sclerotium cepivorum* Berk. San Jose Costa Rica, Vol. 3 Pág. 19
- Olivares, S. (1989). Paquete de diseños experimentales. FAVANL. Versión 1.4. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L.
- Organización de Naciones Unidas para la Alimentación, FAO (2007). Manual de exportación de cebolla amarilla (*Allium cepa* L.) (En red), consultado el 13 de noviembre de 2012. Disponible en <http://www.fao.org.gt>.
- Pérez, L. (2002). En la Revista de la Agricultura, Manejo Agronómico del ajo y la cebolla. Vol. 5 Pág. 2-22.
- Pérez, M. (2006). En la Revista Mexicana de Fitopatología. Vol. 22 Pág. 429-434.
- Ramos, N. (2011). Pudrición blanca en la cebolla (entrevista). Quetzaltenango, Universidad Rafael Landívar.
- Reyes, C. (1992). Diseño de experimentos aplicados. 2da edición. Editorial Trillas. México. Pág. 27 0

- Sánchez, J. (1999). Efecto de seis frecuencias de riego en rendimiento en rendimiento y evapotranspiración en cebolla (*Allium cepa*), para la zona de Bárcenas Villa Nueva. Tesis Ingeniero Agrónomo, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de Agronomía.
- Sandoval, J. (1990). Principios de riego y drenaje. 1era edición. Editorial Colombina, Costa Rica. Pag. 20-78.
- Situn, M. (2001). Investigación agrícola. 1ra edición. ENCA. Guatemala, pág. 33-55.
- Smith, J. (1997). Efecto de biocontroladores sobre la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*). Enfermedades de las Plantas. 39:58-69. Segunda Edición. Editorial Cecs. Costa Rica. Pág. 39: 58-69
- Solis M. (1998). Diseños experimentales para la investigación agrícola, 1era edición. Editorial Cecs Guatemala Pág. 20-30.
- Vidal, R. (2000). Manejo especializado de la cebolla. Edición única. Editorial IMPRESS S.A. Guatemala.
- Villela, J. (1999). El cultivo de la cebolla. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. Proyecto de desarrollo agrícola G de G/ AID 520-0274 USAID Guatemala.
- Walker, J. (1969). Plant pathology. 3ra edición. Editorial Graw-Hill New York, Mc. p. 345-347.

XI. ANEXOS

Cuadro 27. Variable altura de planta, respuesta de la cebolla chata mexicana integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca a sesenta y cinco días después del trasplante, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala 2015.

Tratamiento	I	II	III	Total	Media
T1	39.2	43.1	33.2	115.5	38.5
T2	34.3	37.4	34.6	106.3	35.4
T3	32.0	31.1	34.1	97.2	32.4
T4	38.2	35.2	37.0	110.4	36.8
T5	35.1	34.2	38.1	107.4	35.8
T6	31.1	33.2	29.3	93.6	31.2
T7	31.1	29.3	30.5	90.9	30.3
T8	31.9	29.4	32.6	93.9	31.3
T9	27.0	27.8	24.7	79.5	26.5
Total	299.9	300.7	294.1	894.7	33.1

Cuadro 28. Conteo de plantas enfermas, integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en el cultivo de cebolla chata mexicana, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Tratamiento	I	II	III	Total	Media	%
T1	56	55	45	156	52	23
T2	66	65	58	189	63	28
T3	68	70	66	204	68	30
T4	56	54	49	159	53	24
T5	63	61	62	186	62	28
T6	75	68	70	213	71	32
T7	94	96	65	255	85	38
T8	69	79	68	216	72	32
T9	95	115	90	300	100	45
Total	642	663	573	1878	69.55	31

Cuadro 29. Rendimiento de cebolla chata mexicana (kg/ha), integrada a métodos biológicos y físicos para el control de la pudrición blanca en Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Tratamiento	I	II	III	Total	Media
T1	6838.0	7294.6	6610.7	20743.3	6914.43
T2	5699.0	6154.8	5015.0	16868.8	5622.93
T3	3875.0	4331.0	4103.0	12309.0	4103.00
T4	5926.8	5699.0	6382.8	18008.6	6002.86
T5	5927.0	4559.0	4787.0	15273.0	5091.00
T6	3419.0	3647.0	3647.0	10713.0	3571.00
T7	3419.0	2963.0	3191.0	9573.0	3191.00
T8	3875.0	4103.0	3419.0	11397.0	3799.00
T9	2507.5	2279.6	2735.0	7522.1	2507.36
Total	41486.3	41031	39890.5	122407.8	4533.62

Cuadro 30. Variable conteo de esclerocios, respuesta de la cebolla chata mexicana en métodos de control para la pudrición blanca en Zunil, Quetzaltenango, Guatemala 2015.

Tratamiento	I	II	III	Total	Media
T1	2	2	3	7	2.3
T2	3	3	4	10	3.3
T3	6	7	7	20	6.6
T4	3	2	3	8	2.6
T5	3	4	4	11	3.6
T6	6	5	7	18	6
T7	6	6	9	21	7
T8	6	8	10	24	8
T9	12		15	13	40
Total	47	52	60	159	5.85

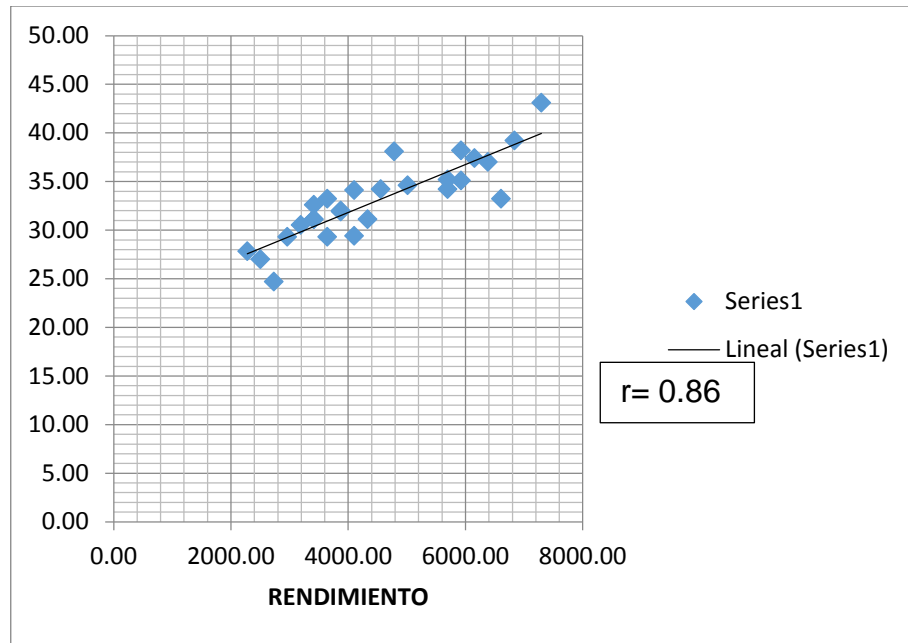


Figura 6. Revela la relación positiva de las variables rendimiento y altura de planta ($r=0.86$), resultado que relaciona a ambos factores y nos explica que a mayor altura de planta mayor rendimiento.

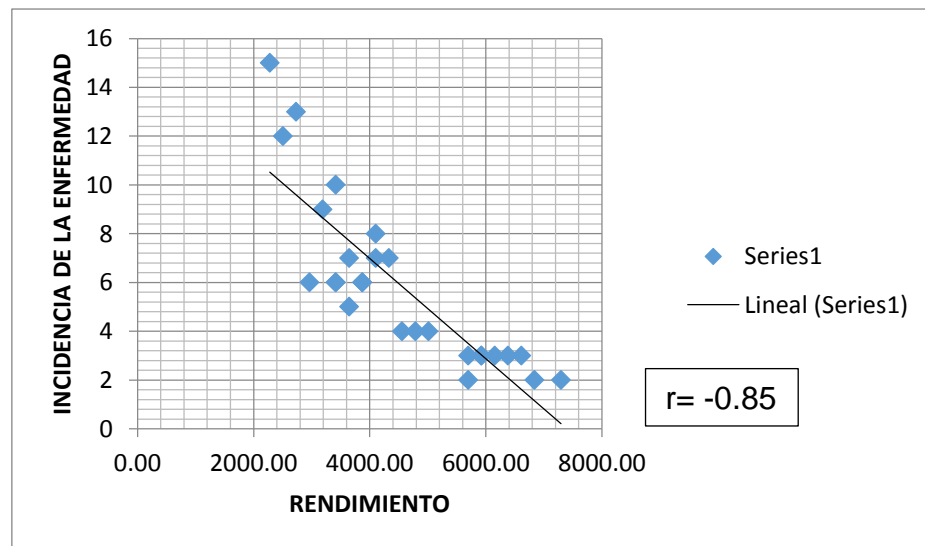


Figura 7. Revela, la relación inversamente proporcional de las variables rendimiento e incidencia de enfermedad ($r=-0.85$), resultado que relaciona a ambos factores y explica, que a menor incidencia de enfermedad mayor rendimiento o a mayor incidencia de enfermedad menor rendimiento.

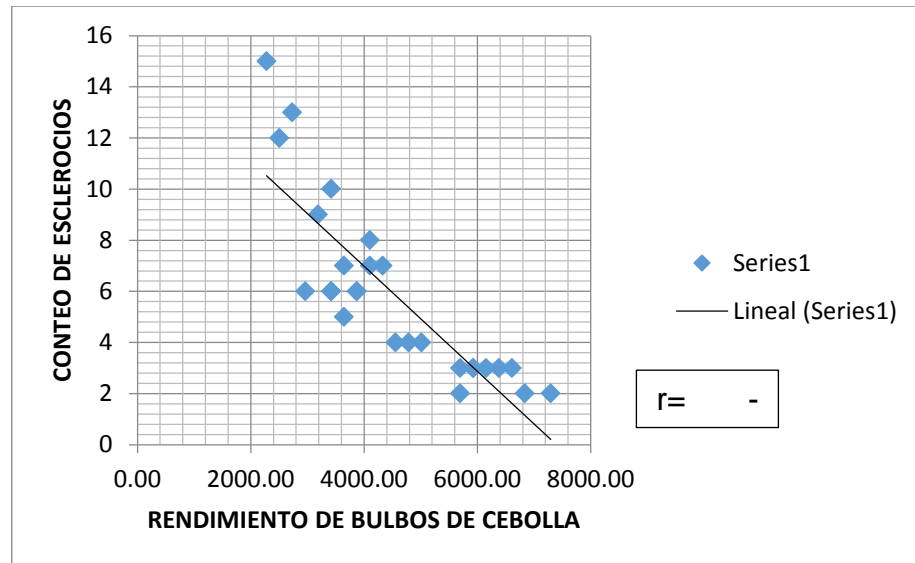


Figura 8. Revela el resultado de ($r= -0.83$), con una correlación inversamente proporcional entre las variables conteo de esclerocios y rendimiento el cual nos indica, que a menor población de esclerocios mayor rendimiento o a mayor población de esclerocios menor rendimiento.

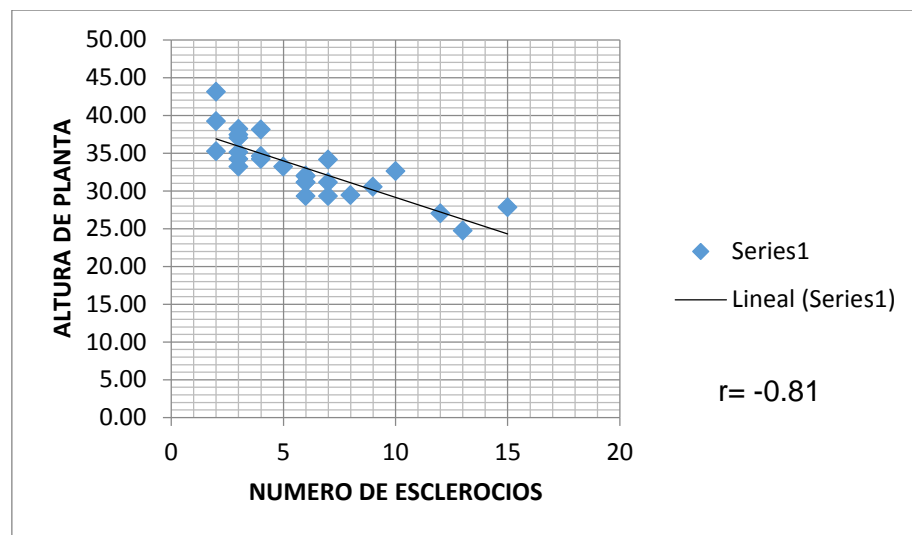


Figura 9. Revela una relación proporcional negativa de las variables, altura de planta y numero de esclerocios ($r= -0.81$), resultado que relaciona a ambos factores y nos explica que a mayor altura de planta, menor población de esclerocios o a menor altura de planta, mayor población de esclerocios.

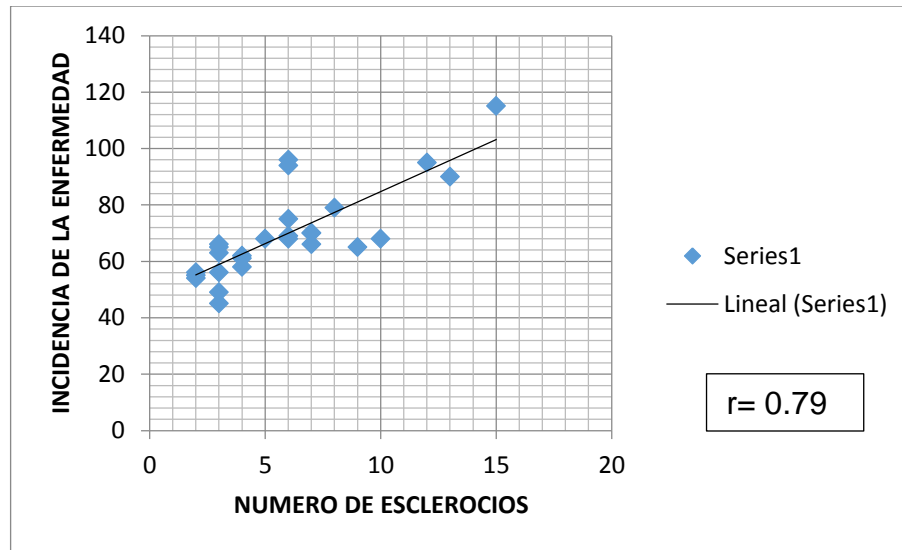


Figura 10. De dispersión, nos demuestra que existe una correlación positiva entre las variables incidencia de la enfermedad y numero de esclerocios de ($r= 0.79$), resultado que relaciona a ambos factores y nos explica que a mayor incidencia de enfermedad mayor número de esclerocios, o a menor incidencia de enfermedad menor número de esclerocios.



Figura 11. Cebolla (*Allium cepa* L.), lectura de medicion.



Figura 12. Toma de datos, durante la cosecha.



Figura 13. Planta afectada por pudrición blanca.



Figura 14. Planta infectada con *Sclerotium cepivorum*.

Cuadro 31. Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método, solarización + biofumigación + *Trichoderma*, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Costos Directos	Unidad de medida	Numero de unidades	Valor unitario	Monto
A Mano de Obra				
1 Preparacion del terreno	Jornal	34	50.00	1,700.00
2 Levantado de tablonos	Jornal	12	50.00	600.00
3 Solarizado, Biofumigado				
<i>Trichoderma</i>	Jornal	34	50.00	1,700.00
4 Siembra	Jornal	46	50.00	2,300.00
5 Labores culturales	Jornal	16	50.00	800.00
6 Cosecha	Jornal	14	50.00	700.00
7 Recoleccion de datos	Jornal	7	75.00	525.00
				8,325.00
B Terreno				
1 Arrendamiento terreno	Hectarea	1	3,300.00	3,300.00
C Insumos				
1 Productos Quimicos	Unidades	11	35.00	385.00
2 Fertilizante 15-15-15	Unidades	11	225.00	2,475.00
3 Productos orgánicos(Gallinaza)	Toneladas	12	600.00	7,200.00
4 <i>Trichoderma</i>	Unidades	5	95.00	475.00
5 Pilonos	Millares	345	45.00	15,525.00
				26,060.00
D Transporte				
1 Entrega	Fletes	10	45.00	450.00
				450.00
E Equipo				
1 Bomba de mochila	unidades	1	350.00	350.00
2 Azadón	unidades	2	50.00	100.00
3 Machete	unidades	2	25.00	50.00
4 Piocha	unidades	1	50.00	50.00
5 Nailon Royo	unidades	3	525.00	525.00
				1,075.00
F COSTOS INDIRECTOS				
				39,210.00
1 Costo Financiero (18 % x 50 % de CD)				3,528.90
2 Impuestos (5% de ingresos totales)				3,111.49
G COSTOS TOTALES				
				45,850.39
H INGRESOS POR VENTA				
Cebolla chata mexicana	Kilogramo	6,914.43	9.00	62,229.87
INGRESOS TOTALES				
				62,229.87
ANALISIS FINANCIERO				
COSTOS TOTALES				45,850.39
INGRESOS TOTALES				62,229.87
INGRESOS NETOS				16,379.48
RENTABILIDAD				36%

Cuadro 32. Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método, solarización + biofumigación + *Beauveria*, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Costos Directos		Unidad de medida	Numero de unidades	Valor unitario	Monto
A Mano de Obra					
1	Preparacion del terreno	Jornal	34	50.00	1,700.00
2	Levantado de tablonos	Jornal	12	50.00	600.00
3	Solarizado, Biofumigado <i>Beauveria</i>	Jornal	34	50.00	1,700.00
4	Siembra	Jornal	46	50.00	2,300.00
5	Labores culturales	Jornal	16	50.00	800.00
6	Cosecha	Jornal	14	50.00	700.00
7	Recoleccion de datos	Jornal	7	75.00	525.00
					8,325.00
B Terreno					
1	Arrendamiento terreno	Hectarea	1	3,300.00	3,300.00
C Insumos					
1	Productos Quimicos	Unidades	11	35.00	385.00
2	Fertilizante 15-15-15	Unidades	11	225.00	2,475.00
3	Productos orgánicos(Gallinaza)	Toneladas	12	600.00	7,200.00
4	<i>Beauveria</i>	Unidades	5	95.00	475.00
5	Pilones	Millares	345	45.00	15,525.00
					26,060.00
D Transporte					
1	Entrega	Fletes	10	45.00	450.00
					450.00
E Equipo					
1	Bomba de mochila	unidades	1	350.00	350.00
2	Azadón	unidades	2	50.00	100.00
3	Machete	unidades	2	25.00	50.00
4	Piocha	unidades	1	50.00	50.00
5	Nailon Royo	unidades	3	525.00	525.00
					1,075.00
F COSTOS INDIRECTOS					39,210.00
1	Costo Financiero (18 % x 50 % de CD)				3,528.90
2	Impuestos (5% de ingresos totales)				2,701.28
G COSTOS TOTALES					45,440.18
H INGRESOS POR VENTA					
	Cebolla chata mexicana	Kilogramo	6,002.86	9.00	54,025.74
INGRESOS TOTALES					54,025.74
ANALISIS FINANCIERO					
COSTOS TOTALES					45,440.18
INGRESOS TOTALES					54,025.74
INGRESOS NETOS					8,585.56
RENTABILIDAD					19%

Cuadro 33. Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método, biofumigación + *Trichoderma*, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Costos Directos		Unidad de medida	Numero de unidades	Valor unitario	Monto
A Mano de Obra					
1	Preparacion del terreno	Jornal	34	50.00	1,700.00
2	Levantado de tablonos	Jornal	12	50.00	600.00
3	Biofumigado, <i>Trichoderma</i>	Jornal	34	50.00	1,700.00
4	Siembra	Jornal	46	50.00	2,300.00
5	Labores culturales	Jornal	16	50.00	800.00
6	Cosecha	Jornal	14	50.00	700.00
7	Recoleccion de datos	Jornal	7	75.00	525.00
					8,325.00
B Terreno					
1	Arrendamiento terreno	Hectarea	1	3,300.00	3,300.00
C Insumos					
1	Productos Quimicos	Unidades	11	35.00	385.00
2	Fertilizante 15-15-15	Unidades	11	225.00	2,475.00
3	Productos orgánicos(Gallinaza)	Toneladas	12	600.00	7,200.00
4	<i>Trichoderma</i>	Unidades	5	95.00	475.00
5	Pilones	Millares	345	45.00	15,525.00
					26,060.00
D Transporte					
1	Entrega	Fletes	10	45.00	450.00
					450.00
E Equipo					
1	Bomba de mochila	unidades	1	350.00	350.00
2	Azadón	unidades	2	50.00	100.00
3	Machete	unidades	2	25.00	50.00
4	Piocha	unidades	1	50.00	50.00
5	Nailon Royo	unidades	3	525.00	525.00
					1,075.00
F COSTOS INDIRECTOS					39,210.00
1	Costo Financiero (18 % x 50 % de CD)				3,528.90
2	Impuestos (5% de ingresos totales)				2,530.32
G COSTOS TOTALES					45,269.22
H INGRESOS POR VENTA					
	Cebolla chata mexicana	Kilogramo	5,622.93	9.00	50,606.37
INGRESOS TOTALES					50,606.37
ANALISIS FINANCIERO					
COSTOS TOTALES					45,269.22
INGRESOS TOTALES					50,606.37
INGRESOS NETOS					5,337.15
RENTABILIDAD					12%

Cuadro 34. Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método, biofumigación + *Beauveria*, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Costos Directos		Unidad de medida	Numero de unidades	Valor unitario	Monto
A Mano de Obra					
1	Preparacion del terreno	Jornal	34	50.00	1,700.00
2	Levantado de tablonos	Jornal	12	50.00	600.00
3	Biofumigado, Beauveria	Jornal	34	50.00	1,700.00
4	Siembra	Jornal	46	50.00	2,300.00
5	Labores culturales	Jornal	16	50.00	800.00
6	Cosecha	Jornal	14	50.00	700.00
7	Recoleccion de datos	Jornal	7	75.00	525.00
					8,325.00
B Terreno					
1	Arrendamiento terreno	Hectarea	1	3,300.00	3,300.00
C Insumos					
1	Productos Quimicos	Unidades	11	35.00	385.00
2	Fertilizante 15-15-15	Unidades	11	225.00	2,475.00
3	Productos orgánicos(Gallinaza)	Toneladas	12	600.00	7,200.00
4	<i>Beauveria</i>	Unidades	5	95.00	475.00
5	Pilones	Millares	345	45.00	15,525.00
					26,060.00
D Transporte					
1	Entrega	Fletes	10	45.00	450.00
					450.00
E Equipo					
1	Bomba de mochila	unidades	1	350.00	350.00
2	Azadón	unidades	2	50.00	100.00
3	Machete	unidades	2	25.00	50.00
4	Piocha	unidades	1	50.00	50.00
5	Nailon Royo	unidades	3	525.00	525.00
					1,075.00
F COSTOS INDIRECTOS					39,210.00
1	Costo Financiero (18 % x 50 % de CD)				3,528.90
2	Impuestos (5% de ingresos totales)				2,290.95
G COSTOS TOTALES					45,029.85
H INGRESOS POR VENTA					
	Cebolla chata mexicana	Kilogramo	5,091.00	9.00	45,819.00
INGRESOS TOTALES					45,819.00
ANALISIS FINANCIERO					
COSTOS TOTALES					45,029.85
INGRESOS TOTALES					45,819.00
INGRESOS NETOS					789.15
RENTABILIDAD					2%

Cuadro 35. Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método, solarización + *Trichoderma*, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Costos Directos	Unidad de medida	Numero de unidades	Valor unitario	Monto
A Mano de Obra				
1 Preparacion del terreno	Jornal	34	50.00	1,700.00
2 Levantado de tablonos	Jornal	12	50.00	600.00
3 Solarizado, <i>Trichoderma</i>	Jornal	11	50.00	550.00
4 Siembra	Jornal	46	50.00	2,300.00
5 Labores culturales	Jornal	16	50.00	800.00
6 Cosecha	Jornal	14	50.00	700.00
7 Recoleccion de datos	Jornal	7	75.00	525.00
				7,175.00
B Terreno				
1 Arrendamiento terreno	Hectarea	1	3,300.00	3,300.00
C Insumos				
1 Productos Quimicos	Unidades	11	35.00	385.00
2 Fertilizante 15-15-15	Unidades	11	225.00	2,475.00
3 <i>Trichoderma</i>	Unidades	5	95.00	475.00
4 Pilonos	Millares	345	45.00	15,525.00
				18,860.00
D Transporte				
1 Entrega	Fletes	6	45.00	270.00
				270.00
E Equipo				
1 Bomba de mochila	unidades	1	350.00	350.00
2 Azadón	unidades	2	50.00	100.00
3 Machete	unidades	2	25.00	50.00
4 Piocha	unidades	1	50.00	50.00
5 Nailon Royo	unidades	3	525.00	525.00
				1,075.00
F COSTOS INDIRECTOS				31,830.00
1 Costo Financiero (18 % x 50 % de CD)				2,864.70
2 Impuestos (5% de ingresos totales)				1,846.35
G COSTOS TOTALES				36,541.05
H INGRESOS POR VENTA				
Cebolla chata mexicana	Kilogramo	4,103.00	9.00	36,927.00
INGRESOS TOTALES				36,927.00
ANALISIS FINANCIERO				
COSTOS TOTALES				36,541.05
INGRESOS TOTALES				36,927.00
INGREDOS NETOS				385.95
RENTABILIDAD				1%

Cuadro 36. Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método, *Trichoderma*, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Costos Directos	Unidad de medida	Numero de unidades	Valor unitario	Monto
A Mano de Obra				
1 Preparacion del terreno	Jornal	34	50.00	1,700.00
2 Levantado de tablonos	Jornal	12	50.00	600.00
3 <i>Trichoderma</i>	Jornal	11	50.00	550.00
4 Siembra	Jornal	46	50.00	2,300.00
5 Labores culturales	Jornal	16	50.00	800.00
6 Cosecha	Jornal	14	50.00	700.00
7 Recoleccion de datos	Jornal	7	75.00	525.00
				7,175.00
B Terreno				
1 Arrendamiento terreno	Hectarea	1	3,300.00	3,300.00
C Insumos				
1 Productos Quimicos	Unidades	11	35.00	385.00
2 Fertilizante 15-15-15	Unidades	11	225.00	2,475.00
3 <i>Trichoderma</i>	Unidades	5	95.00	475.00
4 Pilonos	Millares	345	45.00	15,525.00
				18,860.00
D Transporte				
1 Entrega	Fletes	6	45.00	270.00
				270.00
E Equipo				
1 Bomba de mochila	unidades	1	350.00	350.00
2 Azadón	unidades	2	50.00	100.00
3 Machete	unidades	2	25.00	50.00
4 Piocha	unidades	1	50.00	50.00
				550.00
F COSTOS INDIRECTOS				30,155.00
1 Costo Financiero (18 % x 50 % de CD)				2,713.95
2 Impuestos (5% de ingresos totales)				1,709.55
G COSTOS TOTALES				34,578.50
H INGRESOS POR VENTA				
Cebolla chata mexicana	Kilogramo	3,799.00	9.00	34,191.00
INGRESOS TOTALES				34,191.00
ANALISIS FINANCIERO				
COSTOS TOTALES				34,578.50
INGRESOS TOTALES				34,191.00
INGRESOS NETOS				(387.50)
RENTABILIDAD				No es factible

Cuadro 37. Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método solarización + *Beauveria*, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Costos Directos	Unidad de medida	Numero de unidades	Valor unitario	Monto
A Mano de Obra				
1 Preparacion del terreno	Jornal	34	50.00	1,700.00
2 Levantado de tablonos	Jornal	12	50.00	600.00
3 <i>Solarizado, Beauveria</i>	Jornal	11	50.00	550.00
4 Siembra	Jornal	46	50.00	2,300.00
5 Labores culturales	Jornal	16	50.00	800.00
6 Cosecha	Jornal	14	50.00	700.00
7 Recoleccion de datos	Jornal	7	75.00	525.00
				7,175.00
B Terreno				
1 Arrendamiento terreno	Hectarea	1	3,300.00	3,300.00
C Insumos				
1 Productos Quimicos	Unidades	11	35.00	385.00
2 Fertilizante 15-15-15	Unidades	11	225.00	2,475.00
3 <i>Trichoderma</i>	Unidades	5	95.00	475.00
4 Pilonos	Millares	345	45.00	15,525.00
				18,860.00
D Transporte				
1 Entrega	Fletes	6	45.00	270.00
				270.00
E Equipo				
1 Bomba de mochila	unidades	1	350.00	350.00
2 Azadón	unidades	2	50.00	100.00
3 Machete	unidades	2	25.00	50.00
4 Piocha	unidades	1	50.00	50.00
5 Nailon Royo	unidades	3	175.00	525.00
				1,075.00
F COSTOS INDIRECTOS				30,680.00
1 Costo Financiero (18 % x 50 % de CD)				2,761.20
2 Impuestos (5% de ingresos totales)				1,785.50
G COSTOS TOTALES				35,226.70
H INGRESOS POR VENTA				
Cebolla chata mexicana	Kilogramo	3,571.00	9.00	32,139.00
INGRESOS TOTALES				32,139.00
ANALISIS FINANCIERO				
COSTOS TOTALES				35,226.70
INGRESOS TOTALES				32,139.00
INGRESOS NETOS				(3,087.70)
RENTABILIDAD				No es factible

Cuadro 38. Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método, *Beauveria*, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Costos Directos	Unidad de medida	Numero de unidades	Valor unitario	Monto
A Mano de Obra				
1 Preparacion del terreno	Jornal	34	50.00	1,700.00
2 Levantado de tablonos	Jornal	12	50.00	600.00
3 <i>Beauveria</i>	Jornal	11	50.00	550.00
4 Siembra	Jornal	46	50.00	2,300.00
5 Labores culturales	Jornal	16	50.00	800.00
6 Cosecha	Jornal	14	50.00	700.00
7 Recoleccion de datos	Jornal	7	75.00	525.00
				7,175.00
B Terreno				
1 Arrendamiento terreno	Hectarea	1	3,300.00	3,300.00
C Insumos				
1 Productos Quimicos	Unidades	11	35.00	385.00
2 Fertilizante 15-15-15	Unidades	11	225.00	2,475.00
3 <i>Beauveria</i>	Unidades	5	95.00	475.00
4 Pilonos	Millares	345	45.00	15,525.00
				18,860.00
D Transporte				
1 Entrega	Fletes	6	45.00	270.00
				270.00
E Equipo				
1 Bomba de mochila	unidades	1	350.00	350.00
2 Azadón	unidades	2	50.00	100.00
3 Machete	unidades	2	25.00	50.00
4 Piocha	unidades	1	50.00	50.00
				550.00
F COSTOS INDIRECTOS				30,155.00
1 Costo Financiero (18 % x 50 % de CD)				2,713.95
2 Impuestos (5% de ingresos totales)				1,435.95
G COSTOS TOTALES				34,304.90
H INGRESOS POR VENTA				
Cebolla chata mexicana	Kilogramo	3,191.00	9.00	28,719.00
INGRESOS TOTALES				28,719.00
ANALISIS FINANCIERO				
COSTOS TOTALES				34,304.90
INGRESOS TOTALES				28,719.00
INGRESOS NETOS				(5,585.90)
RENTABILIDAD				No es factible

Cuadro 39. Análisis de costos de producción del cultivo de cebolla chata mexicana con el método Testigo, Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, 2015.

Costos Directos		Unidad de medida	Numero de unidades	Valor unitario	Monto
A Mano de Obra					
1	Preparacion del terreno	Jornal	34	50.00	1,700.00
2	Levantado de tablonos	Jornal	12	50.00	600.00
3	Siembra	Jornal	46	50.00	2,300.00
4	Labores culturales	Jornal	16	50.00	800.00
5	Cosecha	Jornal	14	50.00	700.00
6	Recoleccion de datos	Jornal	7	75.00	525.00
					6,625.00
B Terreno					
1	Arrendamiento terreno	Hectarea	1	3,300.00	3,300.00
C Insumos					
1	Productos Quimicos	Unidades	11	35.00	385.00
2	Fertilizante 15-15-15	Unidades	11	225.00	2,475.00
3	Pilones	Millares	345	45.00	15,525.00
					18,385.00
D Transporte					
1	Entrega	Fletes	7	45.00	315.00
					315.00
E Equipo					
1	Bomba de mochila	unidades	1	350.00	350.00
2	Azadón	unidades	2	50.00	100.00
3	Machete	unidades	2	25.00	50.00
4	Piocha	unidades	1	50.00	50.00
					550.00
F COSTOS INDIRECTOS					29,175.00
1	Costo Financiero (18 % x 50 % de CD)				2,625.75
2	Impuestos (5% de ingresos totales)				1,128.31
G COSTOS TOTALES					32,929.06
H INGRESOS POR VENTA					
	Cebolla chata mexicana	Kilogramo	2,507.36	9.00	22,566.24
INGRESOS TOTALES					22,566.24
ANALISIS FINANCIERO					
COSTOS TOTALES					32,929.06
INGRESOS TOTALES					22,566.24
INGRESOS NETOS					(10,362.82)
RENTABILIDAD					No es factible