

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

**EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL DE LA PODREDUMBRE BLANDA DE RAÍZ
(*Sclerotinia sp.*) CULTIVO DE ZANAHORIA, QUETZALTENANGO.**

TESIS DE GRADO

JOSE LUIS LOPEZ GUZMAN

CARNET 23502-07

QUETZALTENANGO, MAYO DE 2017
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL DE LA PODREDUMBRE BLANDA DE RAÍZ
(*Sclerotinia sp.*) CULTIVO DE ZANAHORIA, QUETZALTENANGO.**

TESIS DE GRADO

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

POR

JOSE LUIS LOPEZ GUZMAN

PREVIO A CONFERÍRSELE

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

QUETZALTENANGO, MAYO DE 2017

CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, 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
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
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. ADAN ASael DE LEÓN CIFUENTES

ING. MARCO ANTONIO ABAC YAX

ING. MIGUEL MANUEL OSORIO LÓPEZ

AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO



DIRECTOR DE CAMPUS:	P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.
SUBDIRECTORA ACADÉMICA:	MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN
SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ
SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO:	MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ
SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL:	MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

Quetzaltenango, 12 de Agosto de 2016

Honorable Consejo

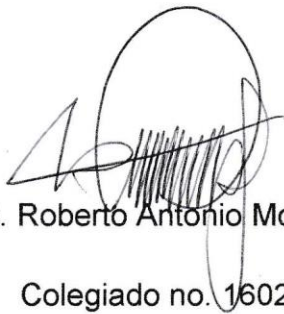
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas

Universidad Rafael Landívar

Distinguidos miembros del consejo:

Por este medio hago constar que he revisado el informe final de tesis del estudiante: **José Luis López Guzmán**, con carné no. **2350207**, titulado: **“Evaluación de métodos de control de la podredumbre blanda de la raíz (*Sclerotinia* sp.), cultivo de zanahoria, 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 la facultad, previo a su autorización de impresión.

Deferentemente,



Ing. Agro. 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 JOSE LUIS LOPEZ GUZMAN, Carnet 23502-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 0614-2017 de fecha 10 de febrero de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL DE LA PODREDUMBRE BLANDA DE RAÍZ
(*Sclerotinia sp.*) CULTIVO DE ZANAHORIA, 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, a los 5 días del mes de mayo del año 2017.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar**

Agradecimientos

A Dios: Por la sabiduría y brindarme la capacidad de ampliar mis conocimientos intelectuales.

A mis Padres: Por sus valores, su apoyo que inculcaron en mi crecimiento de vida y que hoy me proveen el alcance de mi objetivo de poseer un título universitario.

A mi Familia: Por la motivación brindada.

A mi Hermano: Humberto Martin López Guzmán por su confianza.

**Al Coordinador de la
Facultad de Ciencias
Ambientales
y Agrícolas:**

Ing. Agr. Marco Antonio Abac Yax por su valiosa colaboración en la revisión, corrección y asesoría en la investigación.

A mi Asesor: Ing. Agr. Roberto Antonio Morales por su asesoría y brindarme de sus conocimientos en el proceso, desarrollo y finalización de la investigación.

Dedicatoria

- A Dios:** Por darme fe, esperanza y perseverancia en mi vida.
- A mis Padres:** Por darme la vida y orientar mi crecimiento.
- A mis Hijos:** Como fuente de motivación en el desarrollo de su educación.

Índice

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1. CULTIVO DE ZANAHORIA.....	2
2.1.1. Producción de zanahoria en Guatemala.....	2
2.1.2. Origen.....	3
2.1.3. Descripción botánica, taxonomía y fisiología.....	3
2.1.4. Variedades de zanahoria.....	4
2.1.5. Exigencias climáticas y edáficas.....	5
2.1.6. Propiedades valiosas y aprovechamiento.....	5
2.2. PATÓGENOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE ZANAHORIA.....	5
2.2.1. Pudriciones blandas.....	6
2.2.2. Pudrición blanda de la raíz.....	6
2.3. MÉTODOS DE CONTROL.....	9
2.3.1. Control biológico.....	9
2.3.2. Control físico.....	11
2.3.3. Control químico.....	14
2.4. INVESTIGACIONES RELACIONADAS AL TEMA.....	16
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
4. OBJETIVOS.....	21
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
5. HIPÓTESIS.....	22
5.1. HIPÓTESIS ALTERNA.....	22
6. METODOLOGÍA.....	23
6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	23
6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	23

6.3.	FACTORES A ESTUDIAR.....	23
6.4.	TRATAMIENTOS.....	23
6.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
6.6.	MODELO ESTADÍSTICO.....	26
6.7.	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	26
6.8.	CROQUIS DE CAMPO.....	27
6.9.	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	28
6.9.1.	Labores culturales.....	28
6.9.2.	Métodos de control.....	29
6.9.3.	Siembra.....	29
6.9.4.	Cosecha.....	29
6.9.5.	Registro de datos.....	29
6.10.	VARIABLES DE RESPUESTAS.....	30
6.10.1.	Desarrollo vegetativo.....	30
6.10.2.	Rendimiento.....	30
6.10.3.	Incidencia del patógeno en la raíz de zanahoria.....	30
6.11.	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	31
6.11.1.	Análisis estadístico.....	31
6.11.2.	Análisis económico.....	31
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
7.1.	DIÁMETRO DE RAÍZ.....	32
7.2.	LONGITUD DE TALLO.....	35
7.3.	LONGITUD DE RAÍZ.....	37
7.4.	RENDIMIENTO.....	40
7.5.	INCIDENCIA.....	43
7.5.1.	Correlación lineal de aceptabilidad productiva.....	44
7.6.	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN.....	46
7.7.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	49

8.	CONCLUSIONES.....	51
9.	RECOMENDACIONES.....	52
10.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	53
11.	ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Área, producción y rendimiento del cultivo de zanahoria en Guatemala.....	2
Cuadro 2.	Fungicidas recomendados para el control químico de Sclerotinia sp.....	15
Cuadro 3.	Descripción de la relación de los tratamientos en el control de Sclerotinia sp., Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	25
Cuadro 4.	Evaluación del diámetro (cm) de raíz de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	33
Cuadro 5.	Análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre los tratamientos aplicados en el cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	33
Cuadro 6.	Prueba de medias de Tukey para el diámetro (cm) del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	34
Cuadro 7.	Evaluación de la altura del follaje del cultivo de zanahoria (cm), Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	35
Cuadro 8.	Análisis de varianza para diferenciar medias de desarrollo del tallo del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	36
Cuadro 9.	Prueba de medias de Tukey para establecer el tratamiento que presento aumento de mejora de longitud de tallo (cm), Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	37
Cuadro 10.	Evaluación de la longitud de la raíz (cm) del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	38
Cuadro 11.	Análisis de varianza para diferenciar las mejoras de longitud de la raíz del cultivo zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	38
Cuadro 12.	Prueba de medias de Tukey de la longitud de raíz (cm) del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal,	

	Quetzaltenango, 2013.....	40
Cuadro 13.	Rendimiento del cultivo de zanahoria expresado en ton/ha, resultado de la aplicación de los tratamientos, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	41
Cuadro 14.	Análisis de varianza de rendimiento de la raíz del cultivo de zanahoria expresado en ton/ha, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	41
Cuadro 15.	Prueba de medias de Tukey de la variable rendimiento del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	43
Cuadro 16.	Aceptabilidad versus rechazo de la producción de raíz de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	45
Cuadro 17.	Relación lineal entre desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	47
Cuadro 18.	Análisis económico de los efectos de la relación beneficio costo por hectárea de producción del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	49
Cuadro 19.	Análisis de resultados de las medias del desarrollo vegetativo del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	50

ÍNDICE DE FÍGURAS

Figura 1.	Distribución aleatoria de los tratamientos en los bloques, en un área de 162.75m, para el control de Sclerotinia en el cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	27
Figura 2.	Medidas de separación entre tratamientos y bloques de 0.5m y la dimensión de la parcela de 2m ² , Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	27
Figura 3.	Distribución de las plantas de zanahoria de acuerdo a su distanciamiento en la unidad experimental, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	28
Figura 4.	Incidencia del patógeno en los tratamiento evaluados en el cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	44
Figura 5.	Análisis de correlación negativa de la aceptabilidad vrs rechazo de la producción de raíz de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	45
Figura 6.	Correlación lineal de los valores de las variables diámetro y longitud de raíz del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	47
Figura 7.	Correlación lineal de los valores de las variables longitud de tallo y longitud de la producción de raíz de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	48
Figura 8.	Correlación lineal de los valores de las variables longitud de tallo y rendimiento de la raíz de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.....	48

Resumen

En la presente investigación experimental se evaluó la combinación de métodos de control biológico, físico y la aplicación de un control químico en zanahoria, en la comunidad de Llano del Pinal del municipio de Quetzaltenango. Los tratamientos biológico y físico se establecieron 60 días antes de la siembra y 60 días después de la siembra (control biológico), las aplicaciones del control químico a través del ingrediente activo Iprodione, se realizó durante la siembra con un intervalo de 15 días. Para el análisis de la información se utilizó un diseño de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, se evaluó el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de zanahoria. Los resultados obtenidos en la implementación de los tratamientos de manejo de la podredumbre blanda de raíz (*Sclerotinia* sp.) que afecta a la producción de raíz de zanahoria expresado mejora en el diámetro de 4.95cm por el tratamiento de *Trichoderma* sp. + biofumigante + solarización, longitud de raíz 21.68cm por el tratamiento *Trichoderma* sp. + biofumigante + solarización y sin el uso de biofumigante, longitud de tallo de 32.15cm por el tratamiento con *Trichoderma* sp. La aplicación del control químico generó un rendimiento de 154.73 ton/ha, incidencia del patógeno de 16.25% y se obtuvo una utilidad del 20% comparados con la producción de zanahoria sin una alternativa de control.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.), es de importancia nutricional para la alimentación de los seres humanos por proveer vitamina A y de importancia económica de la comunidad de Llano del Pinal, porque el 60% de su población se dedica a la producción de hortalizas en una área de 10 a 15 cuerdas (441m²/cuerda), por generar ingresos de Q.2,000.00 a Q.3,000.00 resultado de las fluctuaciones del mercado local, que sustentan la vida, en salud, alimentación, vivienda y educación.

La producción de raíz de zanahoria es afectado por podredumbre blanda de raíz (*Sclerotinia* sp.), patógeno que altera la fisiología de la planta, lo que genera pérdidas productivas del 50%, a causa del sistema de producción minifundista que se posee en la comunidad y la falta de control de enfermedades del suelo, genera un ambiente propicio a la propagación del el hongo fitopatógeno y así reduce las utilidades percibidas por el cultivo. De acuerdo a Durán (1998) la *Sclerotinia sclerotiorum* produce maceración y desintegración del tejido, el cual se torna muy suave, acuoso y a menudo, posee muy mal olor. Diferentes hongos y bacterias pueden provocar este síntoma y puede presentarse en frutos, bulbos, raíces, tallos (interno), o tubérculos. Usualmente, la pudrición se asocia con un oscurecimiento del tejido afectado.

La implementación de métodos de control biológico, físico y químico para la podredumbre blanda de la raíz, son alternativas que reducen los daños y efectos que ocasiona el hongo fitopatógeno en la producción de raíz de zanahoria. Que utilizar los recursos disponibles en la región, como el cole nabo (*Brassica napus*) como ingrediente en la producción de compuestos azufrados generados por la descomposición de la planta y fuente del biofumigante, la luz solar como medio de incrementar la temperatura del suelo por uso del solarizado y microorganismos benéficos como *Trichoderma* sp., como agente antagonista para el control biológico, además del control químico a través de un ingrediente Iprodione. Al combinar los métodos mencionados se posee alternativas de control de *Sclerotinia*, en la producción del cultivo de zanahoria.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CULTIVO DE ZANAHORIA

Las hortalizas son importantes para la alimentación de la familia, especialmente para los niños, madres gestantes y en periodo de lactancia. Estas personas necesitan de alimentos nutritivos que les ayuden a desarrollarse normalmente y a crecer sanos y fuertes.

Las hortalizas como la zanahoria le aportan al organismo sustancia nutritivas no contienen grasas, le ayudan en la digestión y se encargan de que el organismo trabaje adecuadamente y permanezca saludable. Además, es una buena fuente de vitaminas y contribuyen a prevenir las enfermedades de la vista y los problemas de la piel. La zanahoria se cultiva en regiones de clima frío y frío moderado y se consume bastante porque el agricultor obtiene buenos ingresos económicos (Joaquín & Quirós, 1983).

2.1.1. Producción de zanahoria en Guatemala

De acuerdo con el IV censo nacional agropecuario 2003, el 70.31% de área cosechada a nivel nacional se encuentra concentrada en departamentos: Chimaltenango (30.46%), Sololá (20.62%), Quetzaltenango (19.23%) (MAGA, 2011).

Cuadro 1. Área, producción y rendimiento del cultivo de zanahoria en Guatemala.

Año	Área cosechada (Hectáreas)	Producción (Toneladas métricas)	Rendimiento (Toneladas hectárea)
2004	910.00	31,872.85	35.03
2005	910.00	31,872.85	35.03
2006	1,895.60	55,275.03	29.16
2007	1,897.00	55,315.86	29.16
2008	1,960.00	57,152.91	29.16
2009 p/	1,960.00	58,332.26	20.76
2010 e/	1,960.00	58,967.29	30.09

Fuente: Maga, 2011.

2.1.2. Origen

La zanahoria es una hortaliza muy apetecida, de alto valor nutritivo y fácil de cultivar en los climas y suelos apropiados. La parte útil es la raíz la cual se consume cruda en ensaladas, licuada en jugos o cocidas de varias formas. Su uso debe intensificarse tanto en las regiones templadas donde se produce, como en las zonas cálidas, adonde pueden llevarse como artículo de comercio, debido a su alto contenido de caroteno ya que la provitamina A que provee, es una de las grandes deficiencias nutricionales en América Latina. Es de origen Asiático, y su cultivo data de tiempos antiguos. Algunas de las 60 especies del género *Daucus* son nativas de Norteamérica. La zanahoria es bianual, la raíz se forma en el primer año y normalmente las flores y semillas en el segundo año o ciclo de vida (Cásseres, 1981).

El género *Daucus* tiene especies silvestres, que crecen en la cuenca del Mediterráneo, el Suroeste de Asia, África, Australia y Norte América, pero la zanahoria comestible es originaria de la región de Afganistán, de donde se propago al resto del mundo (Bolaños, 2001).

2.1.3. Descripción botánica, taxonomía y fisiología

Planta bianual, oriunda de Europa, que en la primera fase de crecimiento durante el primer año desarrolla una roseta de hojas largamente pecioladas y de doble o triplemente pinnatífidas, que tras elaborar foto asimilación, los desplazan en una segunda fase hacia la raíz principal, pivotante, que a consecuencia de ello queda bastante engrosada. Durante el segundo año de cultivo y como respuesta a las bajas temperaturas sube la flor, formando umbelas con florecillas blancas, amarillentas o azuladas, que tras una polinización preferentemente alegama forman frutos en aquenios, que se suelen asimilar a semillas, de color oscuro y con una cara plana y otra convexa, de manera que en un gramo pueden contenerse más de 1,400 simientes, con una capacidad germinativa media de tres años. Las raíces, que son su órgano de aprovechamiento, suelen ser de colores diversos (anaranjados, rojas, amarillentas) y de forma más distintas (cilíndricas, cónicas, largas, cortas, etc.).

a. Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Apiales

Familia: Umbeliferaceae

Género: *Daucus*

Especie: *D. carota* L.

2.1.4. Variedades de zanahoria

a. Zanahoria tipo yumbo

Zanahoria, de gran tamaño, forma cilíndrica, con un largo de 20 - 30 cm y 4.5 - 7.0 cm de diámetro, color naranja intenso. Zanahoria híbrida tipo Berlikum, de ciclo de medio, con un peso de 250 a 450 gramos, de buen color, uniforme y de alto rendimiento. Posee alto contenido de betacarotenos. La zanahoria tiene buen follaje vigoroso, fácil para crecer con buena sanidad, ideal para mercado fresco, producción de jugos, venta supermercados y en la industria para la producción de rodajas y cubos. Tiene buena capacidad de permanecer deshidratarse por varios días después de la cosecha, presenta buena capacidad de campo después de su ciclo hasta 30 días sin perder su calidad y forma. El rendimiento promedio de 70 a 85 toneladas por hectárea. Se recomienda 1.0 – 1.2 millones de semilla por hectárea y su ciclo promedio de 115 a 120 días (BEJO, 2009).

b. Zanahoria tipo chantenay

Zanahorias de tamaño medio, con un peso cercano a 150gr y de un largo variable entre 12 y 15 cm, de forma cilindro-cónica puntuda, rica en carotenos, lo que le da un color rojizo anaranjado, con hombro púrpura-verdoso. Sin corazón leñoso y que destaca por su gran resistencia al espigado. Se adapta bien a diferentes épocas del año dependiendo de la zona de cultivo. Densidad de 0.8 – 1.0 millones de semilla por hectárea, ciclo promedio de 130 días (BEJO, 2009).

2.1.5. Exigencias climáticas y edáficas

a. Clima

Puede germinar a partir de 4.5°C, pero su rango térmico óptimo está entre 7°C y 29 °C y la temperatura óptima en torno a los 25°C - 27°C. Es medianamente resistente a las bajas temperaturas, dependiendo su mayor o menor susceptibilidad del cultivar. Su estado vegetativo suele establecerse en 7°C, su temperatura óptima de crecimiento entre 15°C y 18°C. Una temperatura excesivamente elevada puede repercutir en una coloración más clara de las raíces, una forma menos cilíndrica y una longitud más corta. Es una planta exigente en humedad, el estrés hídrico puede inducir la formación de protuberancias en las raíces que las deprecian y en el caso de variación de grandes aportes de agua induce rasgaduras radiculares.

b. Suelos

Prefiere suelos ricos, de texturas ligeras o media. Los terrenos excesivamente compactos provocan protuberancias, menor longitud y sección de las raíces, así como una mayor tendencia al desarrollo de enfermedades criptogámicas. Es una planta moderadamente tolerante a la acidez ($5.5 < \text{pH} < 6.8$), que tampoco resiste el exceso de alcalinidad y está considerada como bastante sensible a la salinidad de suelos.

2.1.6. Propiedades valiosas y aprovechamiento

Es una planta conocida por las civilizaciones más antiguas del viejo mundo, muy apreciada por su gran contenido en vitaminas (A, B y C), principalmente como provitamina A (beta-caroteno). Se consume en fresco o cocidas, en la extracción de colorantes naturales, oleorresinas, etc. Debido a su gran riqueza vitamínica, se considera un alimento con altas propiedades antioxidantes, también se utiliza como antidiarreica (Mateo & Carrera, 2005) .

2.2. PATÓGENOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE ZANAHORIA

Toda pudrición radical causada por hongos fitopatógenos del suelo, cuando se encuentran en estados avanzados, produce síntomas aéreos, siendo los más comunes el marchitamiento de las hojas, asociado al secado de estas. Normalmente, toda la

planta sufre el efecto al mismo tiempo, aunque dependiendo del nivel de daño radical, al inicio solo una o varias ramas pueden sufrir el síntoma aéreo, aunque luego se generaliza. Usualmente, todo daño radical ocasiona síntomas de deficiencias nutricionales por los problemas de absorción que provoca, así como la muerte de la planta, aunque algunas veces, principalmente en el caso de árboles, pueden sobrevivir durante varios años.

Cuando la pudrición tiene mal olor, generalmente puede asociarse con la presencia de bacterias, que pueden estar actuando como patógenos secundarios. Algunos hongos patógenos de raíz también producen mal olor en algunos casos, olores característicos a fenol o alcohol. El mal olor en una lesión no debe asociarse siempre con ataques de microorganismos secundarios, en algunos casos los patógenos primarios también producen mal olor como síntoma (Durán, 1998).

2.2.1. Pudriciones blandas

Maceración y desintegración del tejido, el cual se torna muy suave, acuoso y a menudo, posee muy mal olor. Diferentes hongos y bacterias pueden provocar este síntoma y puede presentarse en frutos, bulbos, raíces, tallos (interno) o tubérculos. Usualmente, la pudrición se asocia con un oscurecimiento del tejido afectado (Durán, 1998).

2.2.2. Pudrición blanda de la raíz

El hongo, *Sclerotinia sclerotiorum*, produce enfermedades en más de 360 especies diferentes plantas hospederas. Hay por lo menos 61 diferentes nombres comunes que se han utilizado para las enfermedades de *Sclerotinia sclerotiorum* diferentes, y estos van desde la pudrición del fruto del banano que se marchitan. Algunos nombres comunes de las enfermedades de los cultivos importantes son: moho blanco (frijol), pudrición acuosa suave (col), gota (lechuga), la pudrición del tallo (papa y tomate), y de anidación (después de la cosecha del frijol) (IFAS, 2009).

El hongo crea un algodonoso, característico micelio blanco que aparece en la superficie de los tejidos infectados. Sobre o dentro del micelio blanco aparecen en negro, y

envuelto las estructuras de forma irregular (esclerocios), que son alrededor de 3 a 10 mm de ancho. Cuando está activo, esclerocios puedan presentar una masa blanca de hongos (micelio) o pequeños (5-15 mm de diámetro), de color canela en forma de cuerpos fructíferos como el golf (apotecio). Los cuerpos fructíferos liberan millones de ascosporas microscópicas que, si las condiciones son adecuadas, dan lugar a enfermedades foliares al entrar en contacto con la zanahoria dañados o senescentes o las hojas de perejil (Plantpro, 2004).

a. Taxonomía

Reino: Fungi

Filum: Ascomycota

Clase: Ascomycetes

Orden: Helioteliales

Familia: Sclerotiniaceae

Género: *Sclerotinia*

Especie: *S. minor*

S. sclerotiorum (Martínez, 2008).

b. Síntomas

Infección por *Sclerotinia sclerotiorum* puede ocurrir en cualquier etapa de crecimiento y descomposición de raíces extensas puede ocurrir antes de los síntomas de la marchitez y el colapso a aparecer en la parte superior de la planta. El hongo causal puede causar una enfermedad damping-off, pero sobre todo por lo general infecta a la corona en el que continúa desarrollándose como una pudrición de almacenamiento. El hongo infecta la base del tallo de la hoja causando una pudrición del tejido marrón. Las hojas individuales se marchitan y mueren, seguido por la formación de esclerocios negros y pequeños en las hojas muertas. El hongo se extiende rápidamente a partir de la base de la hoja a la superficie de la raíz y la corona superior. Las raíces infectadas aparecen más oscuras de lo normal y desarrollan una pudrición blanda y acuosa, ya sea en el campo o en el almacenamiento. No hay viscosidad con esta podredumbre, como ocurre con la pudrición blanda bacteriana. Los primeros signos de la enfermedad ocurren en la

etapa de 7-8 hojas de la zanahoria, y puede ocurrir en cualquier momento después de que la senectud se ha iniciado. La enfermedad puede diseminarse rápidamente por el contacto con las raíces en el almacenamiento.

Los hongos *Pythium* o *Rhizoctonia* también pueden producir un crecimiento algodonoso, pero no producen cuerpos escleróticos en el micelio. La Pudrición blanda *Sclerotinia* es generalmente suave y acuoso (Anexo 1) en comparación con *Rhizoctonia* cuya putrefacción, tiende a ser firme y seca (Plantpro, 2004).

Las plantas enfermas por este hongo tienen una pudrición acuosa suave al comienzo del tallo, cerca del suelo y que se extiende hasta las hojas primarias. Las plantas más viejas pueden ser invadidas en cualquier parte. Uno o dos días después de la infección, se presenta el crecimiento de micelio blanco. Más tarde esclerocios negros (de forma irregular, cuerpos duros) que van desde 0.64 a 1.27 mm de largo, que son producidas por el hongo. La presencia de estos esclerocios es una característica de identificación. Además de ser llamado moho blanco, esta enfermedad es conocida como pudrición blanda acuosa, podredumbre por *Sclerotinia sclerotiorum*. Durante los períodos de clima frío acompañado de las frecuentes lluvias, nieblas o rocíos, las epidemias de moho blanco se pueden esperar. La enfermedad se desarrollará después de 20 días o más, con una temperatura media de 21°C o menos, en un área en la que la tierra está infestada con esclerocios del hongo. Las temperaturas bajas estimulan la producción de las estructuras del hongo, espora, y cuerpos de fructificación. Las esporas (ascosporas) de estos son liberados en el aire y diseminadas por el viento y la lluvia (IFAS, 2004).

c. Ciclo de la enfermedad

La mayoría de los ciclos de vida de *Sclerotinia sclerotiorum* se gasta en forma de esclerocios. Ellos actúan como cuerpos en reposo y estructuras de supervivencia, con gran éxito, en el suelo durante muchos años. Después de lluvia o de riego, los esclerocios germinan mediante la producción de apotecios y ascosporas. Las esporas se inyectan en el aire y el follaje. El follaje denso, que puede retener el agua, es

susceptible a la invasión. La infección primaria es a través de tejido de las hojas muy cerca o en contacto con esclerocios situada cerca de la superficie del suelo. El micelio invade al tejido de las hojas es capaz de crecer en la parte superior de la raíz y así escapar de la barrera mecánica a la penetración de la raíz causada por la peridermis. Sin embargo, una vez que la infección se ha establecido, la humedad de los tejidos de las raíces de zanahoria es suficiente para mantener el crecimiento de hongos (Plantpro, 2004).

d. Control

Una rotación de tres años con cereales, como el maíz u otros cultivos también ayudará a reducir las poblaciones de esclerocios en el suelo. Otras prácticas culturales puede disminuir la incidencia de la enfermedad: arado profundo, la eliminación de malezas hospedantes, el potasio suficiente y evitar el exceso de nitrógeno. La alta humedad del suelo y los períodos prolongados de humedad de las hojas, creando el ambiente ideal para la infección. Estas condiciones se pueden evitar mediante la creación de la circulación de aire adecuada alrededor del follaje, que obstaculice el establecimiento y propagación de *Sclerotinia sclerotiorum* (Plantpro, 2004).

2.3. MÉTODOS DE CONTROL

En los últimos años se ha enfatizado más la necesidad de utilizar programas de control integrado, que abarquen más de un método disponible para conseguir no sólo un mejor control, sino también para asegurarse de que los procedimientos utilizados no afecten desfavorablemente el medio ambiente. Se debe tomar en cuenta el efecto de las medidas de control sobre el daño que pueda causar el uso excesivo de productos químicos, el desarrollo de otras enfermedades o plagas y tratar de conseguir un nivel de control económico y no necesariamente el máximo posible (French & Herbert, 1982).

2.3.1. Control biológico

La noción de que el control biológico podría ser aplicado para el control de las enfermedades en las plantas proviene de los descubrimientos científicos en microbiología y la patología vegetal, a principios del siglo XX. Los espectaculares

avances en el uso de antibióticos en la medicina humana, en los años 30, dieron mayor empuje a las investigaciones sobre control biológico en las plantas. Experimentos preliminares con hongos tales como *Glicocladium* y *Trichoderma*, mostraban resultados promisorios para el manejo de las enfermedades. La primera investigación para mostrar el antagonismo bacterial fue realizada antes de la segunda guerra mundial.

a. *Trichoderma*

La versatilidad, adaptabilidad y la fácil manipulación de las especies de hongos del género de *Trichoderma* sp., han permitido su uso efectivo en el control biológico. Generalmente, este hongo es saprofito y es comúnmente encontrado en el suelo. Varias especies parasitan hongos patogénicos. Son competitivos ya que crece muy rápido, esporulan abundantemente y compiten bien con otros microorganismos del suelo. Son antagonísticos, esto es, producen antibióticos como gliotoxina, viridinas y enzimas líticas. Producen una gran cantidad de enzimas líticas que pueden degradar la pared celular del hospedante como glucanasas, quitinasas, xylanases y proteasas. *Trichoderma* sp., produce tres tipos de propágulos: hifas, clamidosporas y conidios, estas son activas contra fitopatógenos en diferentes fases del ciclo de vida, desde la germinación de las esporas hasta la esporulación. *Trichoderma* sp, cuando se utilizan para el control de hongos del suelo, pueden mezclarse con materia orgánica u otras enmiendas que se utilizan como fertilizantes, tal como se hace con inoculantes bacterianos usadas como fertilizantes (Falguni, 2004).

b. Antagonista

Un antagonista definido en sentido amplio es un oponente o un adversario. En términos de control biológico, los antagonistas son agentes biológicos con potencial para interferir en cualquiera de los procesos vitales de los patógenos vegetales. Los antagonistas pueden ser todo tipo de organismo; hongo, bacterias, nemátodos, protozoos, virus, viroides y plantas. El término es equivalente al de enemigos natural utilizado en el caso de los insectos plaga. El antagonismo es “toda acción directa o indirecta ejercida por microorganismos que resultan en la reducción de la expresión de enfermedad”. La explotación del antagonismo por el hombre consiste en una

modificación cuidadosa del equilibrio biogenético para el beneficio de la planta cultivada. Un microorganismo antagonista puede presentar modos de acción frente un patógeno: competencia, antibiosis, explotación, resistencia inducida en el huésped de forma individual o asociada (Avila, 2005).

c. Descripción taxonómica

Reino: Mycetozoa (Fungi)

División: Eumycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Hyphomycetes

Orden: Hyphales (Moniliales)

Familia: Moniliaceae

Género: *Trichoderma* (Michel, 2001).

Trichoderma sp. pertenece al orden Hyphales (Moniliales) y se caracteriza por presentar conidioforos hialinos, muchas veces blanquecinos, no verticilados, filalides simples o en grupos; conidias (Phialosporas) hialinas, unicelulares, ovoide que yace en pequeños racimos terminales; se les conoce fácilmente por su rápido crecimiento y por el color verde de las conidias, son saprofitos muy comunes sobre el suelo o la madera (Jerez, 2008).

2.3.2. Control físico

La utilización de agentes físicos, fundamentalmente temperatura, humedad y radiaciones, ocupan un lugar relevante en el control de enfermedades en las plantas, su aplicación tiende a la eliminación de patógenos.

a. Solarización

En 1976, se reporta el aprovechamiento de la radiación solar para la erradicación de patógenos. Para ello cubrieron suelos humedecidos, con una película de polietileno transparente de 0.03 mm de grosor durante períodos variables, con lo cual se elevó la temperatura a 49°C – 52°C. Los resultados correspondientes a una periodo mínimo de

dos semanas de cobertura demostraron una reducción considerable de inóculos presentes de *Verticillium dahliae* y *Fusarium oxysporum* f. sp. radicius-lycopersici, en función de profundidad. Mediante estos tratamientos se logró además un buen control de malezas sin ocurrir cambios desfavorables en la micro flora (Isla, 1994).

Las temperaturas sub letales causan demoras en la germinación de los hongos. Se comprobó que la demora en la germinación es mayor cuando los hongos eran expuestos a 37 a 39°C. Las temperaturas máximas logradas a profundidades de 5 y 10 cm son de 45 - 50°C respectivamente, las cuales están entre 7 y 12°C por encima de las de un suelo húmedo no solarizado. Utilizando polietileno negro en lugar de transparente, el aumento de la temperatura fue solo de 1,5 - 3°C. El grosor de la capa de polietileno puede variar de 25 - 30 hasta 50 - 60 micrones. Este método de solarización ofrece posibilidades para el control de diversos hongos y nemátodos, patógenos del suelo como, *Pratylenchus thorei* en papa y de plantas parásitas del género *Orobanche* en zanahoria. Las condiciones de humedad, grosor de polietileno y periodo de solarización, son factores que determinan su efectividad. Un efecto ventajoso del método es que no afecta el desarrollo del hongo antagonista de *Trichoderma* sp. en suelos solarizados. De este modo el método erradicativo por solarización, combina el mecanismo físico y biológico (Isla, 1994).

En estudios realizados se determinó que la solarización reduce la viabilidad de los esclerocios de *Sclerotinia* sp. en un 54 % con resto a los lotes de suelo sin solarizar en cual la viabilidad fue de 90%. Otros estudios con solarizado demostraron una reducción de la incidencia de la pudrición de lechuga por *Sclerotinia* sp. de 50% al 5% de incidencia en los suelos solarizados (Martínez, 2008).

b. Biofumigación

Es un método de control de patógenos por medio de la liberación de compuestos azufrados originados de la descomposición de residuos orgánicos de la familia de las brassicas proveyendo una mejor infiltración del agua, acción fungicida, supresión de malezas. En varios países, especialmente España, para ayudar a contrarrestar varios

de los problemas antes mencionados en varios cultivos, bajo condiciones normales de siembra y en forma controlada se ha estado utilizando la técnica de la biofumigación.

Respecto a la biofumigación se puede indicar que es una técnica totalmente orgánica que se aplica en el suelo, la cual cumple una acción desinfectante, adiciona nutrientes e incrementa la actividad biológica y mejora la estructura del suelo. Se define también como la acción de los gases producidos por la materia orgánica en descomposición como fumigante para ejercer control sobre los organismos fitopatógenos que viven en el suelo y evitar la resistencia a plagas y enfermedades.

Esta tecnología se basa en los estudios del agro ecosistema, en donde, el uso de materia orgánica adicionada al suelo se descompone y provoca gases al igual que los fumigantes sintetizados químicamente, éstos gases ejercen control sobre los organismos fitopatógenos que viven en el suelo (hongos, nematodos, bacterias) y sobre semilla de malezas.

El uso de residuos o plantas completas de la familia Brassicaceae, ha demostrado su efecto benéfico sobre el control de patógenos del suelo, la descomposición natural de éstas plantas genera el gas methyl iso tiosanato, el cual es un agente fungicida y herbicida en suelos en donde se ha adicionado.

Por otro lado se entiende por coberturas todo aquel material biodegradable (ej. el plástico) que se utiliza para sellar o cubrir la superficie del suelo, después de haberse incorporado la materia orgánica utilizada en la biofumigación y dejarla en el proceso durante 4, 6 ó 8 semanas. Es considerado también como una solarización con materia orgánica, cuando al material biofumigante se le coloca una película plástica transparente.

El ICTA en Guatemala ha realizado investigaciones sobre la biofumigación usando diferentes fuentes de materias orgánicas, solas o mezcladas en los cultivos de brócoli y tomate, melón, tabaco. Los nemátodos de los géneros *Rabditis*, *Pratylenchus*,

Aphelenchus se incrementan con las adiciones de materia orgánica, con solarizado disminuyen. Los elementos mayores y menores que se incrementan por el efecto de la biofumigación y el solarizado son: fósforo, cobre, hierro y potasio y se mejora el % de materia orgánica del suelo (Gonzalez, 2006).

Usando la dosis y mezclas de materia orgánica y *Brassica* sp. silvestre evaluadas en el cultivo brócoli, indican que las dosis y mezclas que mejor se comportaron fueron: los residuos de brócoli 1.25 kg/m² más gallinaza pura 2.50 kg/m² (22.9 tm/ha); *Brassica* sp. 1.25 kg/m² más gallinaza 2.50 kg/m² (con rendimientos de 22.3 tm/ha); gallinaza pura 1.25 kg/m² más *Brassica* sp. 2.50 kg/m² (21.6 tm/ha) y gallinaza pura 1.25 kg/m² más residuos de brócoli 2.50kg/m² (21 tm/ha). Los tratamientos biofumigados reducen los días de cosecha respecto al testigo tradicional en aproximadamente en una semana. La materia orgánica que se comportó mejor en los cultivos fue gallinaza más residuos de brócoli o *Brassica* sp. a dosis de 1.25 y 2.50 kg/m², respectivamente. El sello de cobertura que obtuvo el mejor comportamiento en los cultivos fue la película plástica. Los tratamientos que tuvieron película plástica como sello no presentaron malezas post biofumigación. También post biofumigación se aumenta la cantidad de nematodos, así como la variabilidad de géneros. Los análisis químicos de suelos en los cultivos demostraron que se incrementa la cantidad de fósforo, cobre, hierro, zinc, manganeso, potasio y magnesio (Gonzalez, 2006).

2.3.3. Control químico

El control químico es el principal método aplicado para el control de *Sclerotinia* sp. Existe gran variedad de sustancias químicas que han sido desarrollados. Entre ellos, el dicloran, iprodione y vinclozolin han sido reportados eficaces en la reducción de la incidencia de la enfermedad cuando se aplica inmediatamente después del arado y el trasplante en otros países.

Cuadro 2. Fungicidas recomendados para el control químico de *Sclerotinia* sp.

Ingrediente activo	Grupo químico	Mecanismos de acción
Benomil	Benzimidazoles	Mitosis: ensamble de la b-tubulina.
Iprodione Vinclozolin Procimidona	Dicarboximidias	NADH citocromo C reductasa en la peroxidación de lípidos.
Terbunazole	Triazoles	Demetilación del C14 en la biosíntesis de esterol.
Boscalid	Carboximidias	Complejo II en la respiración del hongo (succinato-deshidrogenasa).
Fenhexamida	Hidroxianilidas	3-keto reductasa durante la demetilación del C4 en la biosíntesis del esterol.

Fuente: Martínez, 2008.

a. Iprodione

Fungicida de acción preventivo, antigerminante, contacto y penetración que afecta el intercambio de señales de la membrana con el medio, el metabolismo de lípidos y la respiración celular, interfiere la biosíntesis de ADN. Inhibe la germinación de las esporas y bloquea el desarrollo del micelio del hongo, de grupo químico Dicarboximida, incompatible con aceites. Su destino en el ambiente: en el aire está presente como partículas, las cuales son eliminadas físicamente de la atmósfera por gravedad o precipitación húmeda. En los suelos muestra una movilidad moderada, ya que se adsorbe a la mayoría de ellos. Su persistencia (expresada como vida media) en los sistemas terrestres varía de 7 a 60 días. Este compuesto es susceptible a una fotólisis rápida cuando se expone a la luz UV o a la degradación microbiana en agua bajo condiciones aeróbicas. Su potencial de bioconcentración en organismos acuáticos varía de bajo a moderado. En las plantas se degrada rápidamente una vez que es adsorbida por las raíces, con la formación de 3,5-dicloroanilina como principal metabolito.

Enfermedades de control

Moho gris.....	<i>Botrytis cinerea</i>
Podredumbre blanda de los vegetales.....	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Podredumbre del cuello de la cebolla.....	<i>Botrytis allii</i>
Podredumbre de las leguminosas.....	<i>Sclerotinia trifoliorum</i>
Podredumbre de las manzanas maduras.....	<i>Penicillium expansum</i>
Podredumbre morena de los frutales.....	<i>Monilinia</i> spp
Sarna negra de la papa.....	<i>Rhizoctonia solani</i>
Tizón temprano.....	<i>Alternaria solani</i>

(Sata, 2009).

Iprodione es un fungicida de contacto, de amplio espectro de acción, perteneciente al grupo de las dicarboximidas. Destaca por su alta eficacia y es recomendado para el control de *Botrytis*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Monilia*, *Phomopsis*, *Mycosphaerella*, *Sclerotium*, *Rhizoctonia* y *Sclerotinia*, *Pleiochaeta* y *Colletotrichum*, en diversos cultivos. De ingrediente activo iprodione a dosis de 3gr/lit, con un intervalo de aplicación de 15 días (Bayer cropsience Chile, 2010).

2.4. INVESTIGACIONES RELACIONADAS AL TEMA

Chang et al. (15), menciona a *Trichoderma harzianum* como un inductor del crecimiento y desarrollo de hortalizas y flores. Yedidia et al. (60) demostraron que *Trichoderma harzianum* incremento en 30% la germinación de semillas de pepino y estas mismas plantas presentaron un incremento de 95% del área radical, 45% de la altura del vástago y 80% de área foliar al compararlas con las plantas que no fueron inoculadas con el hongo. En este mismo trabajo se observó un incremento de 90% y 30% de fosforo y hierro, respectivamente, por parte de las plantas inoculadas (Cenicafe, 2012).

La habilidad de diferentes especies de *Trichoderma* de proteger las plantas contra patógenos radiculares ha sido atribuida a un efecto antagónico contra la invasión del patógeno. Sin embargo las asociaciones hongo-raíz también estimulan los mecanismos de defensa de las plantas. *Trichoderma* ejerce una protección a las plantas frente a

patógenos que producen daños radicales y aéreos, inclusive infecciones virales. Estos mecanismos de inducción de resistencia son similares a la respuesta hipersensitiva, resistencia sistémica adquirida y resistencia inducida en la planta (Cenicafe, 2012).

Solís se encontró que donde se combinó biofumigación y uso de película plástica de suelos (uso de película plástica transparente) los resultados en cuanto a desarrollo vegetativo y control de plagas del suelo ha sido más eficiente. Se analiza la eficacia biofumigante de diferentes abonos verdes en el control de nemátodos parásitos de plantas y su acción como biomejoradores de suelos, mediante el estudio de los minerales presentes en plantas representativas de crucíferas, cucurbitáceas, gramíneas y leguminosas. Se encuentra que en la mayoría de los biofumigantes estudiados tienen una eficacia superior al 90% en el control de *Meloidogyne incognita*, incrementando las poblaciones de nemátodos saprófagos, mejorando la fertilidad de los suelos y la nutrición de las plantas (Hernández, 2002).

Otra investigación por Calderón y Solís realizada en la estación experimental de ICTA en La Alameda Chimaltenango, en este caso se utilizó la arveja china como cultivo, los materiales orgánicos fueron, pulpa de café, residuos de brócoli, mostaza común (*Brassica campestris*), gallinaza y excremento de ganado vacuno, todos los tratamientos fueron instalados con plástico y con sello de agua. Fueron tomadas muestras de suelo para análisis de nemátodos y de fertilidad, se llegó a concluir que los mejores tratamientos para el control de malezas fueron, la gallinaza con y sin plástico, pulpa de café con y sin plástico, además de residuos de brócoli + sello de agua. Las poblaciones de nemátodos del género *Rhabditis*, no parasíticos se incrementan considerablemente con las adiciones de materia orgánica, con uso de película plástica disminuyen. Al aplicar gallinaza, el pH del suelo no cambia, aumenta el contenido de fósforo, potasio, zinc, manganeso y calcio. Al aplicar residuos de brócoli y mostaza, el pH tiende a la acidez, disminuye el contenido de fósforo, aumenta el contenido de potasio. Al aplicar pulpa de café y excremento de vaca, el pH no cambia, disminuye el fósforo y aumenta el potasio (Hernández, 2002).

ONTA, también realizó experimentos de biofumigación, con residuos de Brassicas, estiércol de oveja y residuos de champiñón en el cultivo de zanahoria, bajo las condiciones ambientales de los climas mediterráneos continentales, los resultados fueron satisfactorios en los tres materiales orgánicos utilizados, confirmando que las técnicas de biofumigación, pueden aplicarse bajo las condiciones agronómicas en los cultivos (Hernández, 2002).

De acuerdo a Hio, 2001, la solarización consiste en aprovechar la energía solar, para aumentar la temperatura del suelo mediante acolchado con plástico negro o transparente, durante la época de calor. Periodo en el cual ocurre cambios biológicos, físicos y químicos en el suelo durante y después de la solarización del suelo (Smith, 2007).

Ávila y Valencia, 1992, determinaron que la eficiencia del método de control químico depende en la elección del producto, época y aplicación. Los ingredientes activos como Iprodione, Vinclozolin, Benomil y Carbendazim han mostrado un control aceptable cuando se asperjan alrededor de la planta. Sin embargo Subbarao, 1998, estableció que la vida media de los ingrediente activo es corta debido a la biodegradación por los microorganismos del suelo y la interacción con las características fisicoquímicas del suelo (Smith, 2007).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de zanahoria en la región es de importancia económica por proveer ingresos, utilizados para satisfacer las necesidades básicas de vida (salud, vivienda, alimentación y educación). Se estima que se ha cultivado desde hace unos 35 años. Las variedades más usadas durante estos años han sido Red Chantenay y Bangor F1, al paso de los años y la dependencia económica que ha significado esta raíz, ha provocado que los suelos se hayan infectado de varias enfermedades del suelo, *Fusarium* sp., *Sclerotinia* sp. y nemátodos. Pero se ha considerado que de este complejo de enfermedades la podredumbre blanda es de mayor importancia según observaciones y revisión de literatura, por dañar la fisiología de la planta.

El productor utiliza el control químico para las mencionadas enfermedades del suelo, orientando sus acciones al control de nemátodos por medio de nemátocidas sistémicos, pero no aplica ningún ingrediente activo para el control de los problemas fungosos en el suelo. Debido a los problemas que ocasiona la presencia de esta enfermedad en el suelo y su potencial efecto de destruir el 50% de la producción de raíces de calidad aceptadas por el demandante, asimismo la carencia de métodos de control que permita la producción satisfactoria de raíces de zanahoria, se efectuó la implementación de métodos de control a través de la integración de métodos de control (físico y biológico) y un control químico, para enfermedades del suelo, se evaluó el efecto de reducir el daño que produce la podredumbre blanda, generando para el productor productos de baja calidad en características de longitud de tallo y raíz, diámetro y peso, afectando el ingreso percibido de Q.3,000.00 a Q.1,000.00, dicho valor no afectado por los cambios de mercado. Por la historia productiva de la región y el crecimiento poblacional las áreas dedicadas a los cultivos se ha reducido un 20%, eso provoca la sobre explotación de la áreas productivas convirtiéndola en suelos susceptibles y adecuadas en la propagación de enfermedades.

El estudio buscó generar alternativas de control para las enfermedades presentes en el suelo, que mejore el desarrollo vegetativo del cultivo en características de diámetro, longitud de tallo y raíz, y esperar rendimiento de 70-85 toneladas por hectáreas que

provee la variedad cultiva en la comunidad de Llano del Pinal, Quetzaltenango, a través de la integración de métodos control físico-biológico-químico, métodos de control que pueden ser integrados a la producción de raíz de zanahoria.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de la integración de diferentes métodos de control para la podredumbre blanda de la raíz del cultivo de zanahoria.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el efecto de *Trichoderma*, biofumigante, solarizado y químicos (Iprodione) en el control de la podredumbre blanda de la raíz de zanahoria.

Determinar el efecto de la combinación de *Trichoderma*, biofumigación y solarización en la incidencia de *Sclerotinia* en raíces de zanahoria.

Realizar un análisis económico a través de presupuestos parciales para diferenciar los tratamientos aplicados en la producción de zanahoria.

5. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS ALTERNA

Alguno de los tratamientos a evaluar tendrá un efecto en el rendimiento del cultivo de zanahoria.

Alguno de los tratamientos a evaluar tendrá un efecto en el desarrollo vegetativo del cultivo de zanahoria.

Al menos uno de los tratamientos a evaluar tendrá un efecto en la incidencia de *Sclerotinia* sp. en la raíz de zanahoria.

6. METODOLOGÍA

6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

El experimento se realizó en el Cantón Llano del Pinal del municipio de Quetzaltenango. Las coordenadas geográficas que ubican este lugar son: longitud oeste 91°32'00" y latitud norte 14°47'33", a una altitud sobre el nivel del mar de 2,456 metros, con temperatura media anual de 14 grados centígrados y precipitación promedio anual de 847 milímetros, con un promedio de días de lluvia de 160 días de los meses de mayo a octubre.

6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

- a. Material biológico
Conidias de *Trichoderma* sp.
- b. Material biofumigante
Residuos de *Brassica napus* y gallinaza.
- c. Material de solarización
Nylon de polietileno transparente de 0.03 mm de grosor.

6.3. FACTORES A ESTUDIAR

Se documentó el efecto manifestado por la integración de los métodos de control físico-biológico (*Trichoderma* sp., biofumigante y solarizado) para el control del patógeno causante de la podredumbre blanda de raíz en la producción de zanahoria.

6.4. TRATAMIENTOS

Se integraron tres métodos de control, dos físicos (biofumigante y solarizado) y un biológico (*Trichoderma* sp.), así como un testigo relativo y un testigo absoluto, a saber:

- Tratamiento 1..... *Trichoderma* sp. + biofumigante + solarización
Tratamiento 2..... *Trichoderma* sp. + biofumigante
Tratamiento 3..... *Trichoderma* sp. + solarización
Tratamiento 4..... *Trichoderma* sp.
Tratamiento 5..... Aplicación química
Tratamiento 6..... Testigo absoluto

La integración de los métodos de control se realizó de la siguiente forma: la biofumigación se utilizaron residuos de nabo suculentos en suelo, se incorporó 2.5 kg/m² nabo y 1.25 kg/m² de gallinaza, se realizó en un periodo de 60 días antes de la siembra. Se inóculo *Trichoderma* sp. a una solución recomendada por el ICTA a 4.5X10⁶ conidias/cc, la aplicación se efectuó en un periodo de 60 días antes de la siembra y 60 días después de la siembra. Para el solarizado se utilizó nylon de polietileno transparente de 0.03mm de grosor, durante un período de 60 días antes de la siembra evitando la disminución de temperatura producida. Los procedimientos deben de ser acordes a las combinaciones de los métodos a implementarse en cada tratamiento (cuadro 3).

En el tratamiento químico evaluado, se utilizó un fungicida de acción preventiva, antigerminante, contacto y penetración de ingrediente activo Iprodione a una concentración de 50%, a una dosis de 48 gramos por 16 litros de agua, con un equipo de aspersión de mochila, con un intervalo de aplicación de 15 días, iniciando al momento de la siembra, con un total de 8 aplicaciones durante el desarrollo vegetativo del cultivo.

Cuadro 3. Descripción de la relación de los tratamientos en el control de *Sclerotinia* sp., Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Tratamiento	Descripción
1	Integran los componentes de <i>Trichoderma</i> sp.-biofumigante-solarizado, su proceso se inicia con la incorporación de residuos de cole nabo (<i>Brassica napus</i>) previamente picada (biofumigante), posteriormente la inoculación de conidios del <i>Trichoderma</i> sp. Finalmente la aplicación de la cobertura de nylon elemento del solarizado.
2	El proceso inicia con la incorporación de cole nabo (<i>Brassica napus</i>) previamente picado (biofumigante) y finalmente la inoculación de conidios del hongo <i>Trichoderma</i> sp.
3	El proceso inicia con la inoculación de conidios del hongo <i>Trichoderma</i> sp. y finalmente la aplicación de la cobertura de nylon elemento del solarizado.
4	El proceso es la inoculación de conidios del hongo <i>Trichoderma</i> sp. al suelo humedecido a capacidad de campo.
5	Aplicación química, a través de un fungicida de ingrediente activo Iprodione.
6	Testigo absoluto, es la parcela comparativa de los diferentes tratamientos, la cual no tiene ningún método de control para el patógeno causante de la podredumbre blanda de raíz de zanahoria.

6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones.

6.6. MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = está en función de la media general

μ = media general de la variable de respuesta

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = efecto del j-ésimo bloque

ϵ_{ij} = error asociado a la ij-ésima unidad experimental

(López, 2008).

6.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

El área de cada unidad experimental fue de dos metros cuadrados, se sembraron un total de 169 semillas de zanahoria, utilizando un distanciamiento entre plantas es 0.15 metros y entre surcos de 0.15 metros, dejando un distanciamiento entre calles de 0.5 metros, de las cuales se cosecharon 20 plantas como muestra debido a efectos de borde, se tomaron como efecto de borde dos plantas alrededor de la unidad experimental.

Parcela bruta: 2.00 metros cuadrados

Parcela neta: 1.35 metros cuadrados

Número de plantas en la parcela bruta: 169 semillas

Número de plantas en la parcela neta: 81 semillas

El área del experimento fue de 162.75 metros cuadrados, distribuidos en dos metros cuadrados cada unidad experimental, con un distanciamiento entre unidad experimental de 0.5 metros. Con cuatro bloques que representaron las repeticiones de los tratamientos. En el área del experimento se distribuyeron los tratamientos de forma aleatoria.

Área experimental: 162.75 metros cuadrados

Ancho: 10.5 metros

Largo: 15.5 metros

6.8. CROQUIS DE CAMPO

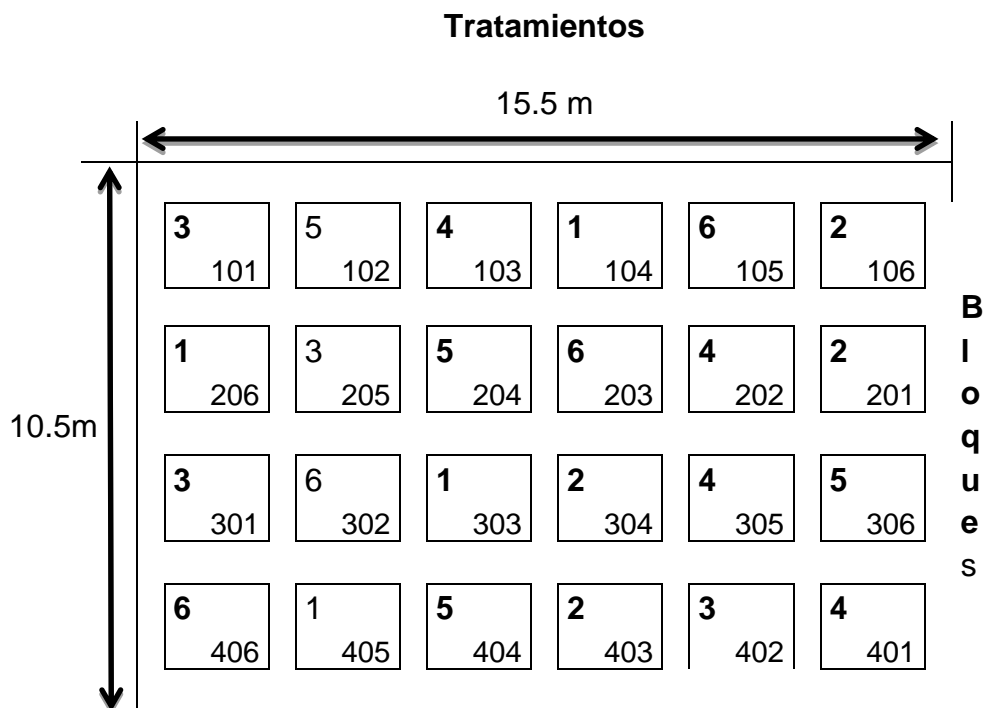


Figura 1. Distribución aleatoria de los tratamientos en los bloques, en un área de 162.75m, para el control de *Sclerotinia* en el cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

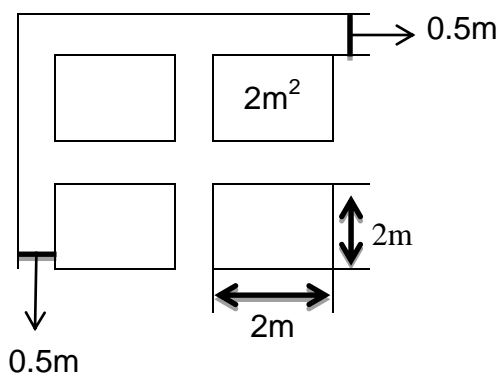


Figura 2. Medidas de separación entre tratamientos y bloques de 0.5m y la dimensión de la parcela de 2m², Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

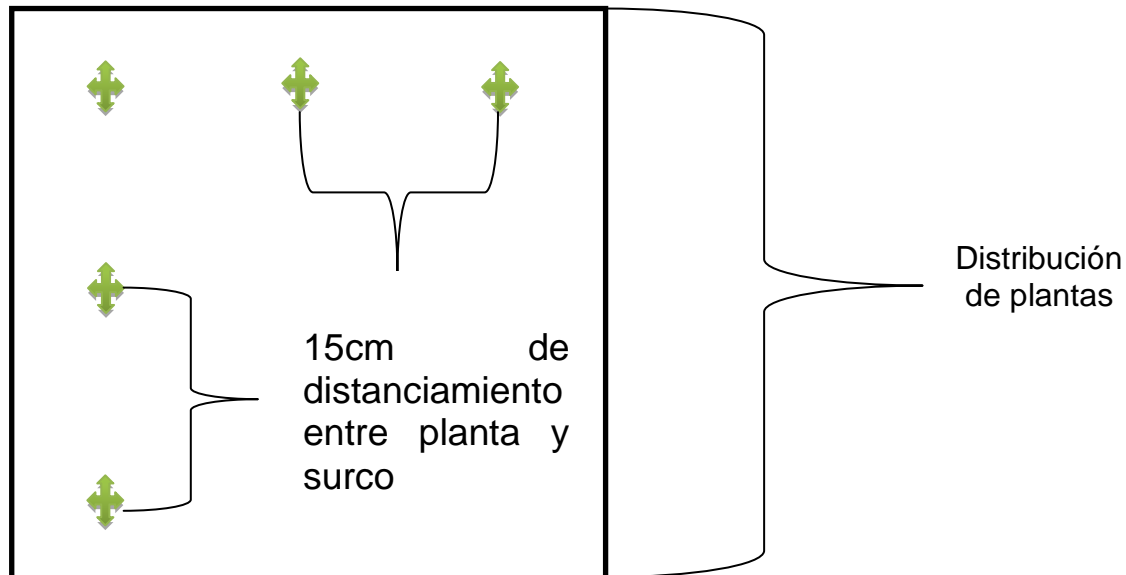


Figura 3. Distribución de las plantas de zanahoria de acuerdo a su distanciamiento en la unidad experimental, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

El proceso que se ejecutó fue tomar una muestra de suelo del área del experimento que se mandó al laboratorio, para dar a conocer la presencia de esclerocios de patógeno que produce podredumbre blanda de raíz, posteriormente la implementación de los tratamientos en el área (cuadro 3).

6.9.1. Labores culturales

- Se realizó una labranza en el área de trabajo, de una profundidad de 30 centímetros, desmenuzando y eliminado suelo compacto, con la finalidad de que el suelo este friable, que permita el desarrollo de la raíz de cultivo.
- Se establecieron las unidades experimentales y los bloques, elevándolos a 20 centímetros de la superficie del suelo, quedando de forma homogénea.
- Se incorporó abono orgánico (gallinaza), de forma homogénea en todas las unidades experimentales.
- Se implementaron los tratamientos en las unidades experimentales, de acuerdo a las combinaciones correspondientes.

e. A los 60 días después de la siembra (dds), se realizó el raleo, que garantiza la distribución de las plantas de zanahoria de forma homogénea en las unidades experimentales, a un distanciamiento de 15 centímetros entre surcos y plantas.

6.9.2. Métodos de control

Se aplicó a los tratamientos, que llevan en su combinación el componente biológico de *Trichoderma* sp. con una solución de 4.5×10^6 conidias por centímetro cúbico, 60 días pre y post siembra; además incorporación de residuos de *Brassica napus* y gallinaza como componente del biofumigante; y la implementación de la cobertura de nylon en los tratamientos solarizados utilizando un nylon transparente de 0.03mm de grosor, durante un periodo de 60 días. El tratamiento químico se realizó con un fungicida de ingrediente activo iprodione, a dosis de 48gr por mochila de aspersión de 16 litros, iniciando la primera aplicación durante la siembra, con un intervalo de aplicación de 15 días.

6.9.3. Siembra

La siembra del cultivo se realizó de forma mecanizada a través de una sembradora, distribuyendo de forma homogénea, utilizando un promedio de 120 semillas por metro cuadrado.

6.9.4. Cosecha

Se efectuó en el momento que el cultivo alcanzó su ciclo promedio de 120 días después de la siembra, con las etapas de arranque y limpieza a través de un proceso de recolección manual.

6.9.5. Registro de datos

Las operaciones realizadas en la recopilación de datos son las siguientes:

Recolección aleatoria de 20 plantas que conforman la muestra, representando la parcela neta de cada unidad experimental, se separaron las unidades de la muestra que presentan síntomas visibles de *Sclerotinia* y se realizó la medición cuantitativa del desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo.

6.10. VARIABLES DE RESPUESTAS

Para medir los efectos de los tratamientos aplicados en el área experimental, que contempla las dimensiones del cultivo de zanahoria que garantiza su calidad, se realizó de la siguiente manera:

6.10.1. Desarrollo vegetativo

a. Diámetro

Su medición se realizó a través de un vernier, tomando la lectura del cuello de la raíz de zanahoria.

b. Longitud de tallo

Su medición se realizó a través de un metro plegable, conformado por extremo del tallo al cuello de la planta de zanahoria.

c. Longitud de raíz

El cálculo de datos se realizó por medio de un metro plegable, que contempla el cuello hasta la cofia de la raíz de zanahoria.

6.10.2. Rendimiento

Expresado en toneladas por hectárea, se calculó con una balanza de resorte, compuesta por las unidades de la muestra, de cada repetición de los tratamientos aplicados en el cultivo de zanahoria.

6.10.3. Incidencia del patógeno en la raíz de zanahoria

Se evaluó la incidencia de la enfermedad al momento de la cosecha, expresándolo en porcentaje (%), utilizando la fórmula de Ogawa (Farias, 2005):

$$\text{Incidencia (I)} = \frac{\text{Número de individuos afectados}}{\text{Total individuos}} * 100$$

6.11. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

6.11.1. Análisis estadístico

A cada variable se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), en caso que existiera significancia entre los tratamientos se realizó la prueba de Tukey (Sitún, 2008).

6.11.2. Análisis económico

El análisis económico se realizó a través de presupuestos parciales, porque con este enfoque solamente se toman en consideración los costos asociados con la decisión de usar o no un tratamiento. Estos son los costos que permiten diferenciar un tratamiento del otro y se denominan “costos que varían”, y se llaman así porque varían de un tratamiento a otro. El resto de costos no se ven afectados por la decisión de usar un tratamiento en particular, y permanecen constantes, por esta razón se denominan costos fijos (Gonzalez, 2006).

6.11.3. Relación beneficio costo

Esta razón indica el retorno en dinero obtenido por cada unidad monetaria invertida. Por definición, resulta de dividir el ingreso bruto entre el costo total ($RBC = \text{ingreso bruto} / \text{costo total}$). En el caso de analizar la factibilidad de tecnología nuevas a través de un presupuesto parcial, este índice se puede calcular tomando en cuenta solo los costos variables y no los costos totales (que incluyen los costos fijos) pues la mayor parte de las veces son los únicos costos que son afectados por la introducción de la tecnología. Cuanto la relación es igual a 1 el productor no gana ni pierde al realizar el cambio tecnológico. Relaciones mayores a 1 indican ganancia y menores a 1 indican pérdida (Herrera, Velasco, Denen & Radulovich, 1994).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación el análisis de cada uno de las variables de respuesta del desarrollo vegetativo del cultivo de la zanahoria, por medio de los cuales establecieron si los tratamientos propuestos tuvieron algún efecto en la producción de zanahoria con características de aceptabilidad. A través de la combinación de solarizado que utilizando la temperatura como demorante de la germinación de hongos del suelo, no afectando el modo antagonista de del hongo *Trichoderma* sp. De este modo el método erradicativo por solarización, combina el mecanismo físico y biológico (Isla, 1994) y la biofumigación es una técnica totalmente orgánica que se aplica en el suelo, la cual cumple una acción desinfectante, adiciona nutrientes e incrementa la actividad biológica y mejora la estructura del suelo, para la producción de raíces de zanahoria.

7.1. DIÁMETRO DE RAÍZ

El cuadro 4, se presenta un resumen de resultados obtenidos en la evaluación del diámetro de raíz del cultivo zanahoria a través de la aplicación de los tratamientos de control de la podredumbre blanda de la raíz de zanahoria, se observa que los tratamientos obtuvieron mejora en el diámetro en más del 25%. De acuerdo a BEJO, (2009), la variedad de zanahoria tipo yumbo posee un diámetro de 4.5 – 7cm a un ciclo promedio de 120 días.

Por lo anterior la implementación de tratamientos de control de la podredumbre blanda de la raíz de zanahoria encontrada en la producción de la comunidad de Llano del Pinal, resulta diámetros aceptables de 4.95cm (tratamiento uno) a 4.32cm (tratamiento dos), diámetros que se encuentran en el rango de la variedad, producto de la reducción de los daños ocasionados por *Sclerotinia* en el cono de ésta hortaliza.

Cuadro 4. Evaluación del diámetro (cm) de raíz de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Trat	Repeticiones				Total	Media	%	Dif
	I	II	III	IV				%/testigo
1	5.50	5.20	3.80	5.30	19.80	4.95	86.09	38.35
2	4.67	4.58	3.87	4.16	17.28	4.32	75.13	27.39
3	4.63	5.33	5.18	4.04	19.18	4.80	83.39	35.65
4	5.14	4.47	3.93	3.95	17.49	4.37	76.04	28.30
5	5.39	5.14	3.79	4.53	18.85	4.71	81.96	34.22
6	2.63	2.84	3.03	2.48	10.98	2.75	47.74	
Total	27.96	27.56	23.60	24.46	103.58			

*Diámetro medio de la variedad 5.75 cm

Se realizó un el análisis de varianza para el desarrollo del diámetro de la raíz de zanahoria (cuadro 5), para conocer las variables de diferencia entre la aplicación de los tratamientos de control de los daños provocados a la parte productiva del cultivo, en la búsqueda de determinar, la existencia de diferencia significativa entre los efectos de los tratamientos. El análisis determinó la existencia de diferencia altamente significativa. Con un coeficiente de variación aceptable de 11.25%.

Cuadro 5. Análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre los tratamientos aplicados en el cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada 5%	F tabulada 1%
Bloque	3	2.39	0.80	3.38	3.29	5.42
Tratamientos	5	13.04	2.61	10.87**	2.90	4.56
Error	15	3.54	0.24			
Total	23	18.97				

** Altamente significativo

C.V. 11.25%

En el cuadro 6, se presenta el resultado de la prueba de diferencia significativa honesta (Tukey), muestra que los tratamientos uno al cinco incorporados a la producción son estadísticamente iguales por no presentar diferencia entre ellos, por el historial productiva del cultivo de zanahoria en la comunidad de Llano del Pinal que no utiliza métodos de control para el patógeno de *Sclerotinia* sp., con la aplicación de alguno de los tratamientos en la producción del cultivo se tendrá mejora en el diámetro de la raíz del cultivo comparado con el testigo (tratamiento seis), entre ellos se destaca el tratamiento uno por mejora el diámetro en 2.21cm, diferencia entre el tratamiento uno y el testigo. Según Falguni, (2004) cuando se utiliza *Trichoderma* para el control de hongos del suelo, puede mezclarse con materiales orgánicos u otras enmiendas que se utilizan como fertilizante. Además Isla, (1994) en su investigación provee un efecto ventajoso del método de solarización, es que no afecta el desarrollo del hongo antagonista de *Trichoderma* en los suelos solarizados.

Por lo anterior descrito los efectos provocados por las alternativas de control biológico a través de *Trichoderma* y físico (biofumigante y solarizado), al combinarlos no se modifican o alteran su acción de control, dando como resultado una alternativa control para enfermedades de suelo tal como el caso de *Sclerotinia* presente en la producción de raíz de zanahoria.

Cuadro 6. Prueba de medias de Tukey para el diámetro (cm) del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Tratamientos	Media	Tratamientos	DSH	
1	4.95	1	4.95	A
2	4.32	3	4.79	A
3	4.79	5	4.71	A
4	4.37	4	4.37	A
5	4.71	2	4.32	A
6	2.74	6	2.74	B

Diferencia significativa honesta DSH (5%) 1.11

7.2. LONGITUD DE TALLO

En cuadro 7, se muestra los datos obtenidos en la incorporación de métodos de control de la podredumbre blanda de la raíz y su efecto en el follaje del cultivo. De acuerdo a BEJO, (2009) la variedad tipo yumbo tiene buen follaje vigoroso, facilidad de crecimiento, buena sanidad, ideal para el mercado en fresco. Y La demanda del mercado local en fresco del cultivo de zanahoria es de 40 centímetros de follaje, la cual facilita su cosecha y empaque. Los resultados obtenidos en la aplicación de los tratamientos generaron una mejora de mayor al 40% de crecimiento del follaje del cultivo, de 14.65cm generado por el testigo a un 32.15cm resultado del tratamiento cuatro. Por lo tanto la aplicación de los tratamientos tendrá mejora en el crecimiento de la altura del follaje. Por efecto de la reducción de los síntomas generados por la podredumbre blanda de la raíz (*Sclerotinia*) presentes en el follaje de la producción del cultivo.

Cuadro 7. Evaluación de la altura del follaje del cultivo de zanahoria (cm), Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Trat	Repeticiones				Total	Media	%	Dif
	I	II	III	IV				%/testigo
1	33.80	27.40	35.50	28.00	124.70	31.18	77.94	41.31
2	24.60	26.70	35.30	32.40	119.00	29.75	74.38	37.75
3	32.10	27.20	28.20	30.50	118.00	29.50	73.75	37.13
4	30.00	26.50	33.10	39.00	128.60	32.15	80.38	43.75
5	29.90	26.60	31.00	34.60	122.10	30.53	76.31	39.69
6	13.80	13.60	12.90	18.30	58.60	14.65	36.63	
Total	164.20	148.00	176.00	182.80	671.00			

*Altura medio estimada de mercado 40 cm

Se efectuó el análisis de varianza para la altura del follaje de la producción del cultivo de zanahoria (cuadro 8), para analizar la variabilidad entre los tratamientos aplicado en la producción, en búsqueda de determinar la existencia de diferencia significativa de los

efectos producidos por tratamientos aplicados en el suelo para el control del patógeno, el análisis demostró alta significativo y un coeficiente de variación aceptable de 11.58%.

Cuadro 8. Análisis de varianza para diferenciar medias de desarrollo del tallo del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada	
					5%	1%
Bloque	3	116.21	38.74	3.69	3.29	5.42
Tratamientos	5	868.81	173.76	16.57	2.90	4.56**
Error	15	157.32	10.49			
Total	23	1142.34				

** Altamente significativo

C.V. 11.58%

En el cuadro 9. Se presenta el resultado de la prueba de diferencia significativa honesta (Tukey) de la longitud de follaje de la producción de zanahoria con los tratamientos aplicados, mostraron que la introducción de tratamientos para el control de enfermedades del suelo (*Sclerotinia*), tratamientos uno, dos, tres, cuatro y cinco no presentaron variabilidad entre ellos por lo tanto son estadísticamente iguales. Dentro el los tratamientos aplicado se resalta el tratamiento cuatro (*Trichoderma*).

Según Falguni, (2004) la versatilidad, adaptabilidad y la fácil manipulación de las especies de hongos del género *Trichoderma*, ha permitido su uso efectivo en el control biológico. Los hongos de este género son competitivos ya que crecen muy rápido, especulan abundantemente y compiten bien con otros microorganismos del suelo.

Por lo anterior la aplicación del tratamiento cuatro a base de *Trichoderma*, genera alta competitividad entre los hongos fitopatógenos (*Sclerotinia*) y hongos de acción biológica, en disminuir los daños provocados por la podredumbre blanda de la raíz al follaje del cultivo y así garantiza cualidades de follaje en vigor, color y sanidad característicos de aceptación del mercado.

Cuadro 9. Prueba de medias de Tukey para establecer el tratamiento que presento aumento de mejora de longitud de tallo (cm), Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Tratamientos	Media	Tratamientos	DSH	
1	31.17	4	32.15	A
2	29.75	1	31.17	A
3	29.5	5	30.52	A
4	32.15	2	29.75	A
5	30.52	3	29.5	A
6	14.65	6	14.65	B

Diferencia significativa honesta DSH (5%) 7.44

7.3. LONGITUD DE RAÍZ

En el cuadro 10, se muestra los datos del resultado del análisis de la aplicación de los tratamientos de control de las enfermedades del suelo que afecta el desarrollo de la longitud de raíz del cultivo de zanahoria. Según BEJO, (2009) las zanahoria de tipo yumbo son de gran tamaño, forma cilíndrica y de un largo de raíz de 20 – 30 centímetros, dando como un largo medio de 25 centímetros.

Por lo anterior, la implementación de los tratamientos de control de la podredumbre blanda de la raíz de zanahoria, su resultado fue de mejora en el largo de la raíz de la producción, de 11.5cm de largo del testigo a un 21.68cm de los tratamientos uno y tres, generando un 40.7% de mejora de la longitud de la raíz comparada con el testigo y se aproxima al largo medio que presenta la variedad utilizada en la producción de zanahoria en la comunidad de Llano del Pinal.

Cuadro 10. Evaluación de la longitud de la raíz (cm) del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Trat	Repeticiones				Total	Media	%	Dif
	I	II	III	IV				%/testigo
1	20.10	21.60	18.80	26.20	86.70	21.68	86.70	40.70
2	20.90	16.20	20.70	18.70	76.50	19.13	76.50	30.50
3	20.80	23.80	23.10	19.00	86.70	21.68	86.70	40.70
4	21.30	19.10	19.80	19.60	79.80	19.95	79.80	33.80
5	22.70	22.70	18.10	19.70	83.20	20.80	83.20	37.20
6	10.30	11.10	11.10	13.50	46.00	11.50	46.00	
Total	116.10	114.50	111.60	116.70	458.90			

*Longitud medio media de la variedad 25 cm

Se efectuó el análisis de varianza para la longitud de raíz del cultivo de zanahoria (cuadro 11), en la búsqueda de determinar la existencia de diferencia significativa entre los efectos producidos por la implementación de los tratamientos de control de la podredumbre blanda de raíz de zanahoria, el resultado del análisis muestra la existencia de alta diferencia significativa entre los tratamientos. Con un coeficiente de variación de niveles aceptables de 12.2% entre los tratamientos aplicados al cultivo.

Cuadro 11. Análisis de varianza para diferenciar las mejoras de longitud de la raíz del cultivo zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada	
					5%	1%
Bloque	3.00	2.60	0.87	0.16	3.29	5.42
Tratamientos	5.00	298.53	59.71	10.97**	2.90	4.56
Error	15.00	81.63	5.44			
Total	23.00	382.76				

** Altamente significativo

C.V. 12.2%

En el cuadro 12, se presenta la prueba de diferencia significativa honesta (Tukey) de la longitud de raíz de la zanahoria, el resultado de la aplicación de los tratamientos uno, dos, tres, cuatro y cinco son estadísticamente iguales por no presentar diferencia. Dentro los tratamientos aplicado se destacan los tratamientos uno y tres por generar mejora en el largo de raíz de zanahoria de 21.67 centímetros, con un crecimiento de longitud de raíz de 10.7 comparado con el testigo.

Según Avila, (2005), la explotación del efecto antagónico de *Trichoderma* consiste en la modificación cuidadosa del equilibrio biogenético para el beneficio de la planta cultivada. Un microorganismo antagónico puede presentar modos de acción frente un patógeno: competencia, antibiosis, explotación, resistencia inducida en el huésped de forma individual o asociada.

En la investigación realizada por Gonzales, (2006), la tecnología de biofumigación se basa en los estudios de agro ecosistemas, en donde, el uso de materia orgánica adicionada al suelo se descompone y provoca gases al igual que los fumigantes sintéticos químicamente, estos gases ejercen control sobre los organismo fitopatógenos.

Un estudio realizado por Martínez, (2008), se determinó que la solarización reduce la viabilidad de los esclerocios de *Sclerotinia* en una 54% con resto a los lotes de suelo sin solarizar en cual la viabilidad fue de 90%. Otros estudios con solarizado demostraron una reducción de la incidencia de la pudrición de lechuga por *Sclerotinia* de 50%, al 5% de incidencia en los suelos solarizados.

De acuerdo a lo anterior la combinación de métodos, en los tratamientos uno (*Trichoderma*, biofumigación y solarizado) y tratamiento dos (*Trichoderma* y biofumigación), la acción antagónica que presenta *Trichoderma*, fumigante natural de la biofumigación y la reducción de la incidencia provocada por le solarizado, efectos generado por cada uno de ellos, controlas los daños y síntomas que ocasionan la manifestación de la podredumbre blanda de la raíz de zanahoria, en reducir su

germinación, desarrollo y propagación en los suelos de producción de cultivos de raíz. Dando como resultado mejora en la longitud de la raíz del cultivo en características de gran tamaño, de forma cilíndrica, de un color intenso de gran aceptabilidad de demanda en el mercado

Cuadro 12. Prueba de medias de Tukey de la longitud de raíz (cm) del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Tratamientos	Media	Tratamientos	DSH	
1	21.67	1	21.67	A
2	19.12	3	21.67	A
3	21.67	5	20.8	A
4	19.95	4	19.95	A
5	20.8	2	19.12	A
6	11.5	6	11.5	B

Diferencia significativa honesta DSH (5%) 5.36

7.4. RENDIMIENTO

En el cuadro 13, se muestra el resultado de la incorporación de métodos de control de la podredumbre blanda (*Sclerotinia*) a la producción de raíz de zanahoria. Se observan los resultados obtenidos del rendimiento de las raíces del cultivo de zanahoria, los cuales superan ampliamente al testigo en más de 42.99 ton/ha.

En Guatemala de acuerdo al censo nacional realizado en el año 2003, el 19.23% de la producción total se localiza en el departamento de Quetzaltenango, con un rendimiento nacional de 30.09 ton/ha en el periodo 2010 (MAGA, 2011). De acuerdo a BEJO, (2009), las zanahorias de tipo yumbo su rendimiento promedio es de 70 a 85 toneladas por hectárea a un ciclo de 120 días.

De acuerdo a lo anterior Quetzaltenango posee la quinta parte de la producción del cultivo de zanahoria en toda Guatemala y alta susceptibilidad a la sobre explotación del recurso productivo (suelo) donde posee el riesgo al incremento de las enfermedades

del suelo en especial al patógeno de la podredumbre blanda de la raíz de zanahoria, por lo tanto, la comunidad de Llano del Pinal posee un potencial de producción de zanahoria con la introducción de alternativas de control de *Sclerotinia* sp.

Cuadro 13. Rendimiento del cultivo de zanahoria expresado en ton/ha, resultado de la aplicación de los tratamientos, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
1	115.92	95.76	95.76	131.04	438.48	109.62
2	115.92	73.08	131.04	179.42	499.46	124.87
3	110.88	120.96	55.54	136.08	423.46	105.86
4	124.99	118.94	120.96	146.16	511.05	127.76
5	140.11	131.04	141.12	206.64	618.91	154.73
6	73.58	64.01	74.59	39.31	251.49	62.87
Total	681.40	603.79	619.01	838.65	2742.85	

Se realizó el análisis de varianza para determinar la existencia de diferencia significativa (cuadro 14), entre los efectos producidos por tratamientos, para el de rendimiento del cultivo de zanahoria, dicho análisis registra la existencia de alta diferencia significativa, con un coeficiente de variación de 22.05%.

Cuadro 14. Análisis de varianza de rendimiento de la raíz del cultivo de zanahoria expresado en ton/ha, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada	
					5%	1%
Bloque	3	5761.60	1920.53	3.02	3.29	5.42
Tratamientos	5	18659.85	3731.97	5.87**	2.90	4.56
Error	15	9529.33	635.29			
Total	23	33950.78				

** Altamente significativo

C.V. 22.05

En el Cuadro 15, se presenta la prueba de diferencia significativa honesta (Tukey) del rendimiento de la raíz de zanahoria a través de su peso expresado en toneladas, el resultado de la prueba de medias de la aplicación de los tratamientos en la producción del cultivo, su resultado fue estadísticamente igual, los tratamientos uno, dos, tres, cuatro y cinco no presentaron variabilidad entre ellos. Dentro todos los tratamientos resalta el tratamiento cinco (químico con ingrediente activo iprodione).

De acuerdo a Martínez, (2008) el control químico es el principal método aplicado para el control de *Sclerotinia* sp., existe gran variedad de sustancias químicas que han sido desarrollados. Entre ellos, el dicloran, la iprodione y el vinclozolin han sido reportados eficaces en la reducción de la incidencia de la enfermedad cuando se aplica inmediatamente después del arado y el trasplante en otros países

Además Sata, (2009) describe la Acción preventivo, antigerminante, contacto y penetración que afecta el intercambio de señales de la membrana con el medio, el metabolismo de lípidos y la respiración celular, interfiere la biosíntesis de ADN. Inhibe la germinación de las esporas y bloquea el desarrollo del micelio del hongo provocadas por Iprodione.

Considerando lo anterior la aplicación constante del control químico a través de Iprodione con intervalo de 15 días a corto plazo, es eficaz en reducir la incidencia del desarrollo del hongo fitopatógeno que provoca la podredumbre blanda de la raíz de zanahoria, mejorar el desarrollo del cultivo y garantiza los resultados que provee la variedad tipo yumbo de 70 a 85 ton/ha de producción. La aplicación del control químico se debe de tomar con ciertas consideraciones, el uso contante provoca resistencia por parte de *Sclerotinia* y su acción de control no es selectiva a hongos fitopatógenos.

Cuadro 15. Prueba de medias de Tukey de la variable rendimiento del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Tratamientos	Media	Tratamientos	DSH	
1	109.61	5	154.72	A
2	124.86	4	127.76	A
3	105.86	2	124.86	A
4	127.76	1	109.61	A
5	154.72	3	105.86	A
6	62.87	6	62.87	B

Diferencia significativa honesta DSH (5%) 57.97

7.5. INCIDENCIA

La figura 4, presenta los resultados de los tratamientos con mayor incidencia de plantas con presencia de síntomas del patógeno de la podredumbre blanda en el cultivo de zanahoria (*Sclerotinia sclerotiorum*), los tratamientos que generaron mayor incidencia es la combinación de *Trichoderma* sp.-solarizado (tres) con un 43.75%, el tratamiento que combina *Trichoderma* sp-biofumigante-solarizado (uno) con un 33.75%, *Trichoderma* sp-biofumigante (dos) con un 22.5%, *Trichoderma* sp (cuatro) con un 18.75%. Por lo tanto el tratamiento que menor incidencia de los síntomas presento fue la alternativa química tratamiento (cinco) con 16.25% comparados con el testigo absoluto (seis) que generó un 45%, se presenta como resultado la disminución del efecto de la enfermedad de un 28.75% en la incorporación del tratamiento cinco reduciendo el daño provocado por el agente fitopatógeno.

Al establecer como método de control, la alternativa química, como medida para reducir los efectos que ocasiona el patógeno (*Sclerotinia sclerotiorum*), creará resistencia a su aplicación, además de la eliminación de micro flora presente en el suelo y a agente antagónico, dejándolo como un sustrato inactivo para las actividades bióticas que se dan en él.

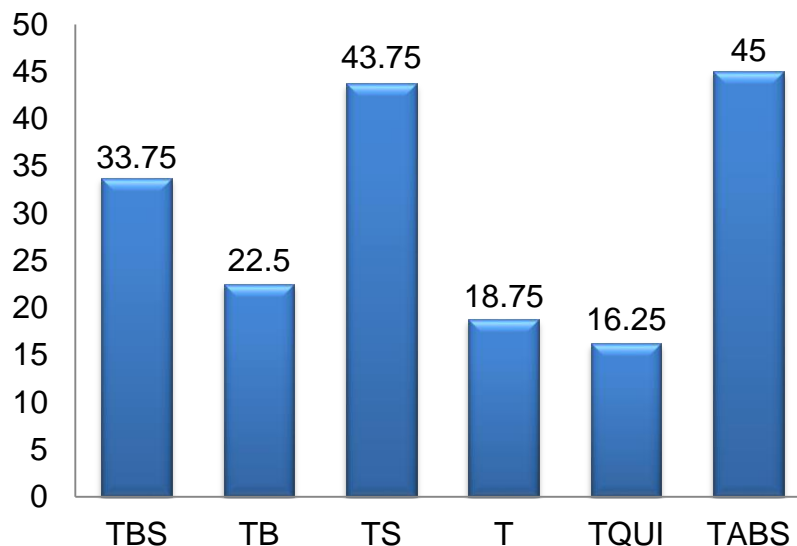


Figura 4. Incidencia del patógeno en los tratamientos evaluados en el cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

7.5.1. Correlación lineal de aceptabilidad productiva

El valor de correlación lineal ayuda a contestar la pregunta: ¿hay correlación lineal entre dos variables bajo consideración? el coeficiente de correlación lineal, r , siempre tiene un valor entre -1 y $+1$. Un valor de $+1$ significa una correlación positiva perfecta, y un valor de -1 muestra una correlación negativa perfecta. Si cuando X aumenta hay un aumento general del valor Y , entonces r será positivo en valor. Por ejemplo, se esperaría un valor positivo de r para la edad y estatura de niños porque a medida que envejecen tiene más estatura. Del mismo modo, considere la antigüedad, X , Y valor de reventa, Y , de un automóvil. A medida que el auto envejece, su valor de reventa disminuye. Puesto que cuando X aumenta, Y disminuye, la relación resulta en un valor negativo para r (Johnson & Kudy, 2008).

En el cuadro 16, se muestran los resultados de análisis de correlación de las variables de calidad (aceptabilidad y rechazo) que dan a conocer la aceptación visible de cultivo, en cuando a su adquisición o devolución de la raíz de zanahoria en el mercado. De acuerdo al mecanismo de selección que se realiza por el productor previo a su comercialización. En la cual contempla todas aquellas plantas (raíz de zanahoria) que

posee una alteración en su composición cualitativa y cuantitativa, daños provocados por enfermedades, como es el caso de la podredumbre blanda de la raíz de la zanahoria, de acuerdo a lo anterior se realiza un sistema de clasificación, formando su división de plantas rentables y no rentables que presentó una correlación negativa perfecta (figura 5) lo significa que a mayor presencia de producto aceptable disminuye el rechazo del cultivo. El tratamiento que presentó un efecto de la correlación negativo es la alternativa química (tratamiento cinco), que presento la disminución de la incidencia de la enfermedad causada por la podredumbre blanda de la raíz en un 28.75% comparado con el testigo absoluto (tratamiento seis) y el tratamiento que menor influencia realizó en la disminución de la incidencia de la enfermedad es la combinación de *Trichoderma* sp.-solarizado (tratamiento tres) con un 1.75% comparado con el testigo (figura 4).

Cuadro 16. Aceptabilidad versus rechazo de la producción de raíz de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

	Aceptabilidad	Rechazo
Aceptabilidad	1	
Rechazo	-1	1

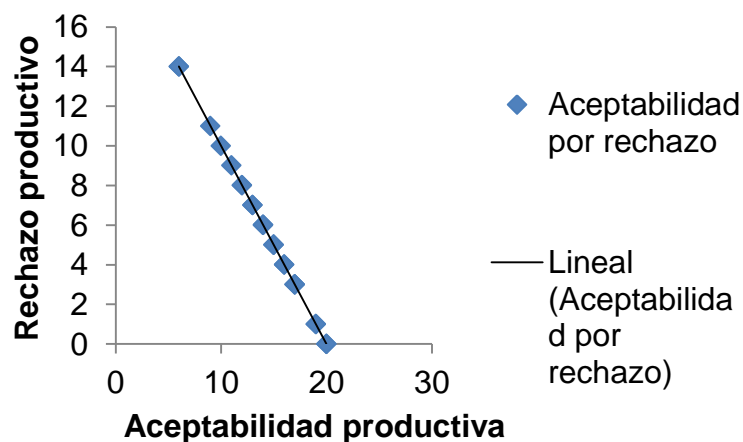


Figura 5. Análisis de correlación negativa de la aceptabilidad vrs rechazo de la producción de raíz de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

7.6. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN

La correlación estudia el grado de asociación existente entre las variables, es decir, proporcionar coeficientes que miden el grado de dependencia mutua entre variables. La regresión tiene por objeto poner de manifiesto, a partir de la información de que se disponga, la estructura de dependencia que mejor explique el comportamiento de una variable Y (variable dependiente o explicada) a través de un conjunto de variables X1, X2, etc., (variable independiente o explicativas), con lo que se supone que está relacionada.

La dependencia es "perfecta" o que existe una dependencia "funcional" entre la línea de regresión. Cuando más lejos se encuentren dichos puntos de la línea de regresión, menor será la intensidad de la dependencia entre las variables consideradas (García, Ramos & Ruiz, 2007).

En el cuadro 17, se muestran los resultados derivados del análisis de correlación y regresión efectuados en las variables de diámetro, longitud de tallo, longitud de raíz y rendimiento, la cual señalaron: mayor relación entre las variables de diámetro y longitud de raíz (figura 6) de 0.88, lo que resulta a mayor tamaño de diámetro superior de la raíz de zanahoria mayor es el crecimiento del longitud de la raíz, asimismo la relación de la variable longitud de tallo es estrechamente asociada con las variables longitud de raíz y rendimiento (figura 7 y 8) de 0.67, lo que expresa que a mayor tamaño de tallo mayor es el alargamiento de la raíz y por ende mayor el rendimiento producido.

De acuerdo a lo anterior la aplicación de al menos uno de los tratamientos (uno, dos, tres, cuatro y cinco) se mejoraron las características de diámetro, longitud de tallo y longitud de raíz y rendimiento comparado con el testigo (tratamiento seis), elementos que garantizan la calidad cualitativa y cuantitativa (color, vigor, tamaño y peso) de la producción del cultivo de raíz de zanahoria, reduciendo el daño provocado durante el desarrollo del cultivo.

Cuadro 17. Relación lineal entre desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

	Diámetro	Alta planta	Longitud raíz	Rendimiento
Diámetro	1.00			
Altura planta	0.51	1.00		
Longitud de raíz	0.88	0.67	1.00	
Rendimiento	0.38	0.66	0.48	1.00

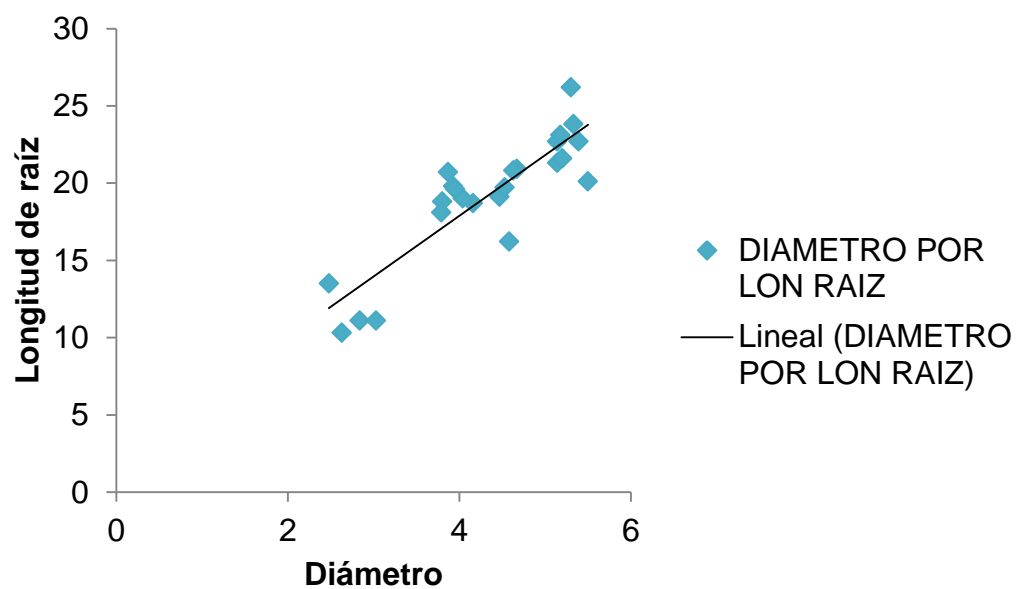


Figura 6. Correlación lineal de los valores de las variables diámetro y longitud de raíz del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

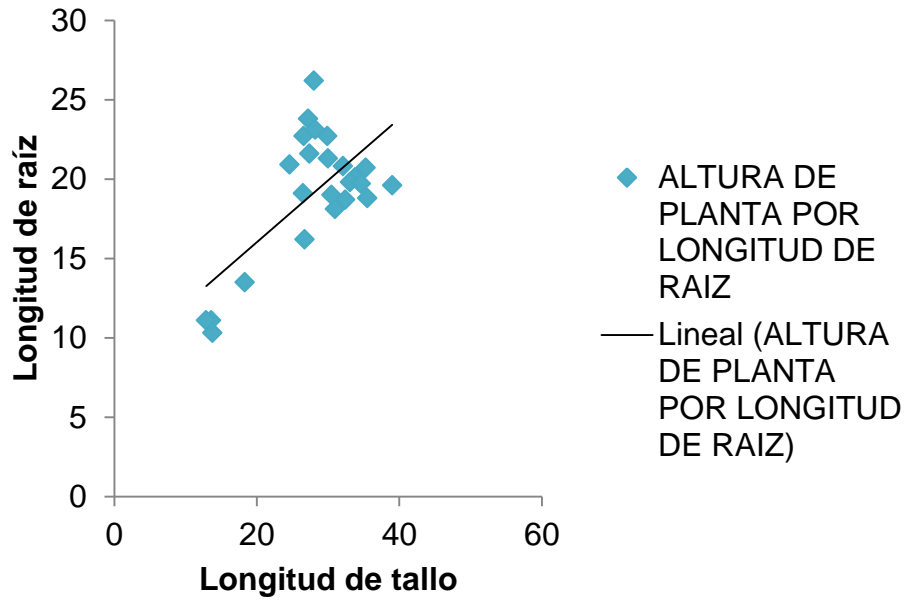


Figura 7. Correlación lineal de los valores de las variables longitud de tallo y longitud de la producción de raíz de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

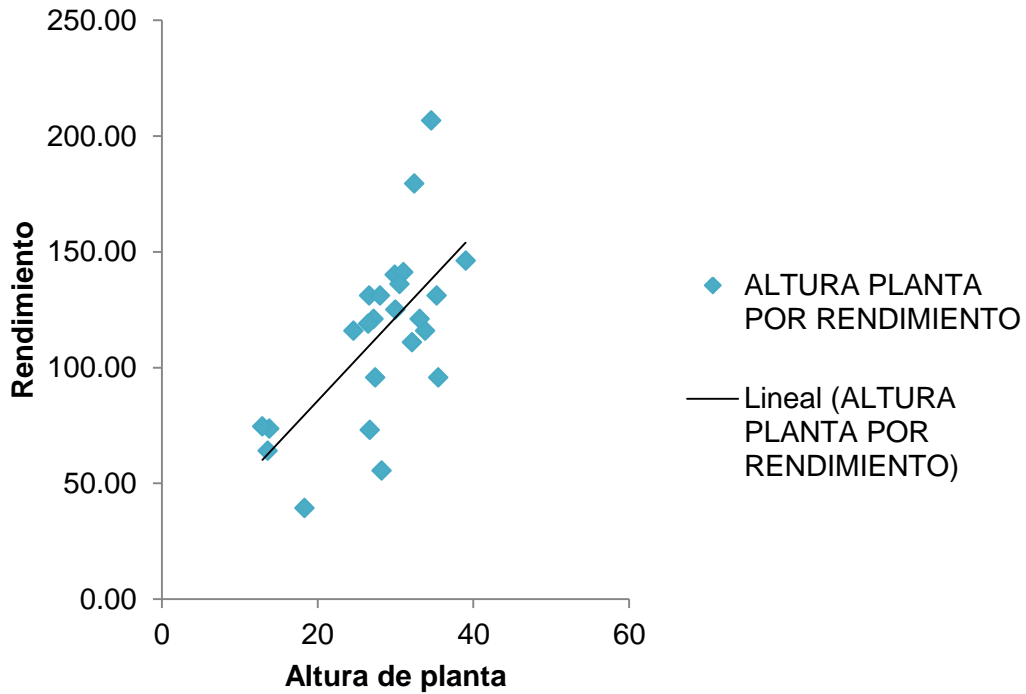


Figura 8. Correlación lineal de los valores de las variables longitud de tallo y rendimiento de la raíz de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

7.7. ANÁLISIS ECONÓMICO

El cuadro 18, presenta los resultados del análisis económico de la relación beneficio costo, resultado de la aplicación de los tratamientos para el control de la podredumbre blanda de la raíz del cultivo de zanahoria, con pérdidas por la introducción de las alternativas de control de 40% para el tratamiento uno, 33% para el tratamiento tres y 18% para el tratamiento dos, generado por los costos adquisición de los insumos y materiales de aplicación (conidios de *Trichoderma* y de nylon). Además los tratamientos que reflejaron utilidad en su aplicación de 20% para el tratamiento cinco y de 3% para el tratamiento cuatro. De acuerdo al análisis económico realizado (cuadro 18), demuestra que aplicación de alternativa de control con los tratamientos cuatro y cinco generan ganancias en la producción de la raíz de zanahoria comparado con el testigo que muestra un 32% de pérdida.

Cuadro 18. Análisis económico de los efectos de la relación beneficio costo por hectárea de producción del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

TRATAMIENTOS	TOTAL COSTOS	INGRESO		
	VARIABLES	TOTAL	RCB	% PERDIDA UTILIDAD
1	104384.00	63000.00	0.60	40
2	76664.00	63000.00	0.82	18
3	93674.00	63000.00	0.67	33
4	60914.00	63000.00	1.03	3
5	52710.00	63000.00	1.20	20
6	46410.00	31500.00	0.68	32

El cuadro 19, se observa un resumen de los resultados de la prueba de medias de Tukey del desarrollo vegetativo y su rendimiento, por la aplicación de tratamientos de control para la podredumbre blanda de la raíz de zanahoria (*Sclerotinia* sp.). Los resultados obtenidos señalaron que los tratamientos aplicados son estadísticamente iguales por no presentar diferencia entre ellos. Los tratamientos que mejoraron sus características cualitativa y cuantitativa en su desarrollo vegetativo son el tratamiento cinco con diámetro de 4.71 cm, longitud de tallo de 30.52 cm, longitud de raíz de 20.80

cm, rendimiento de 154.73 ton/ha, incidencia del patógeno de 12.25% y generando utilidad de un 20%. Seguido del tratamiento cuatro, que presenta diámetro de 4.37 cm, longitud de tallo de 32.15 cm, longitud de raíz de 19.95 cm, rendimiento 127.76 ton/ha y generando utilidad del 3%.

Cuadro 19. Análisis de resultados de las medias del desarrollo vegetativo del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Trat	Diámetro	Longitud de tallo	Longitud de raíz	Rendimiento	Incidencia	RBC	Utilidad
	cm	Cm	Cm	ton/ha	%		%
1	4.95	31.17	21.67	109.62	33.75	0.60	
2	4.32	29.75	19.12	124.87	22.50	0.82	
3	4.79	29.50	21.67	105.86	43.75	0.67	
4	4.37	32.15	19.95	127.76	18.75	1.03	3
5	4.71	30.52	20.80	154.73	16.25	1.20	20
6	2.74	14.65	11.50	62.87	45.00	0.68	

8. CONCLUSIONES

Se acepta la hipótesis alternativa, la incorporación de cualquier metodología de control biológica, física y química mejora el rendimiento de la producción de raíces de zanahoria de 42.99 ton/ha.

El efecto de la combinación de *Trichoderma*, biofumigación y solarización generó como resultado la mejora de las características cuantitativas y cualitativas de la producción de raíz de zanahoria, en reducir la incidencia podredumbre blanda de la raíz de zanahoria en un 11.25%.

El análisis económico establece que el control químico presento la mayor tasa de utilidad de un 20%.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar la dosis y el intervalo de aplicación de *Trichoderma* como control biológico, determinar el efecto de diferentes grosores del nylon utilizado para el solarizado y la dosis del biofumigante con extracto de *Brassica* sp. para el control físico.

En otras evaluaciones se debe analizar la reducción de la incidencia de la podredumbre blanda de raíz en el segundo año de producción y determinar el efecto a largo plazo de la combinación de *Trichoderma*, biofumigante y solarizado.

Se recomienda evaluar la zona de la aplicación del control químico (suelo, follaje o raíz) del cultivo y determinar la vida del ingrediente activo.

10. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Avila, J. (2005). El control biológico de plagas y enfermedades. Universitat Jaume I.
- Bayer cropscience Chile. (2010). Proyecto de etiqueta Rovral 50WP. Obtenido de [http://http://www.cropscience.bayer.cl/upfiles/etiquetas/Eti_Rovral__50__WP_\(27-05-10\).pdf](http://http://www.cropscience.bayer.cl/upfiles/etiquetas/Eti_Rovral__50__WP_(27-05-10).pdf)
- BEJO. (2009). Tipos de zanahoria. Semillas de hortalizas.
- Bolaños Herrera, A. (2001). Introducción a la olericultura. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Castro, A. M., & Rivillas, C. A. (2012). *Trichoderma* spp. modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café. No. 28. Consultado 24 de Octubre de 2016. Disponible en <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/577/1/038.pdf>
- Cásseres, E. (1981). Producción de hortalizas. San José, Costa Rica.
- Durán Quirós, J. A. (1998). Enfermedades y otros problemas de las plantas. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Falguni Guharay, M. C. (2004). Control biológico de plagas agrícolas. Managua: CATIE.
- French, E. R., & Herbert, T. T. (1982). Métodos de investigación fitopatológica. San José, Costa Rica: IICA.
- Farias Hinojosa, E.R. (2005). Evaluación de tres cepas nativas del hongo *Trichoderma* spp. como controlador biológico de *Sclerotium rolfsii* Sacc. en remolacha (*Beta vulgaris* var. *saccharifera*) bajo condiciones de invernadero. Requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Talca.
- García, J.; Ramos, C. y Ruiz, G. (2007). Estadística administrativa. Servicio de Cádiz. Primera edición.
- Gonzalez Rodriguez, F. (2006). Efecto de la biofumigación en tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum*), utilizando diversas fuentes orgánicas en condiciones de invernadero. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Guatemala. Universidad Rafael Landívar.
- Hernández, R. (2002). Efecto biofumigante de diversas fuentes de materia orgánica en el cultivo de brócoli (*Brassica Oleracea* Var. *Itálica*), La Alameda, Chimaltenango, Guatemala. Tesis de Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, URL.

- Herrera, F.; Velasco, C.; Denen, H. y Radulovich, R. (1994). Fundamentos de análisis económico. Costa Rica. Capítulo IV. 43 p.
- Joaquín , D., & Quirós D. (1983). El cultivo de la zanahoria. Sección de comunicación seccional 4. IICA.
- Johnson, R. & Kudy, P. (2008). Estadística elemental. Cengage Learning Editorial. 10ª. Edición.
- IFAS. (2004). Enfermedades de plantas horticolas. Obtenido de <http://plantpath.ifas.ufl.edu/>
- IFAS. (2009). *Sclerotinia* enfermedades de vegetales y cultivos en Florida. Obtenido de <http://plantpath.ifas.ufl.edu/>
- Isla, L. (1994). *Fitopatología*. Mexico, D.F.: LIMUSA, S. A de C.V.
- Jerez Santizo, J. F. (2008). Control biológico de la podredumbre blanda del bulbo de azucena (*Lilium longiflorum*), Estancia de la Cruz, Zunil, Quetzaltenango. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Quetzaltenango, Guatemala. Universidad Rafael Landívar.
- López Bautizta, E. A. (2008). Diseño y análisis experimental. Guatemala.
- MAGA. (Abril de 2011). El agro en cigras. Obtenido de http://www2.maga.gob.gt/portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/2010/el_agro_en_cifras_2011.pdf
- Martínez Pérez, Z. A. (2008). Algunos aspectos epidimiologicos del moho blanco de la lechuga (*Lactuca sativa*) en dos municipios productores de Cundinamarca. *Trabajo de grado de MICROBIOLOGA INDUSTRIAL*. Bogotá D.C.
- Mateo Box, J. M., & Carrera Morales, M. (2005). Prontuario de agricultura. Cultivos agrícolas. España: Mundi-Presa.
- Michel Aceves, A. C. (2001). Cepas nativas de *Trichoderma* sp, Eufungi; su antibiosis y micoparasitismo sobre *Fusarium subgutinans* y *F. oxysporum*. Tesis en doctorado en ciencias, area de biotecnología. Universidad de Colima.
- Plantpro. (2004). Podredumbre por *Sclerotinia*. Obtenido de http://www.plantprotection.hu/modulok/angol/root_veg/sclerotinia%20_root.htm

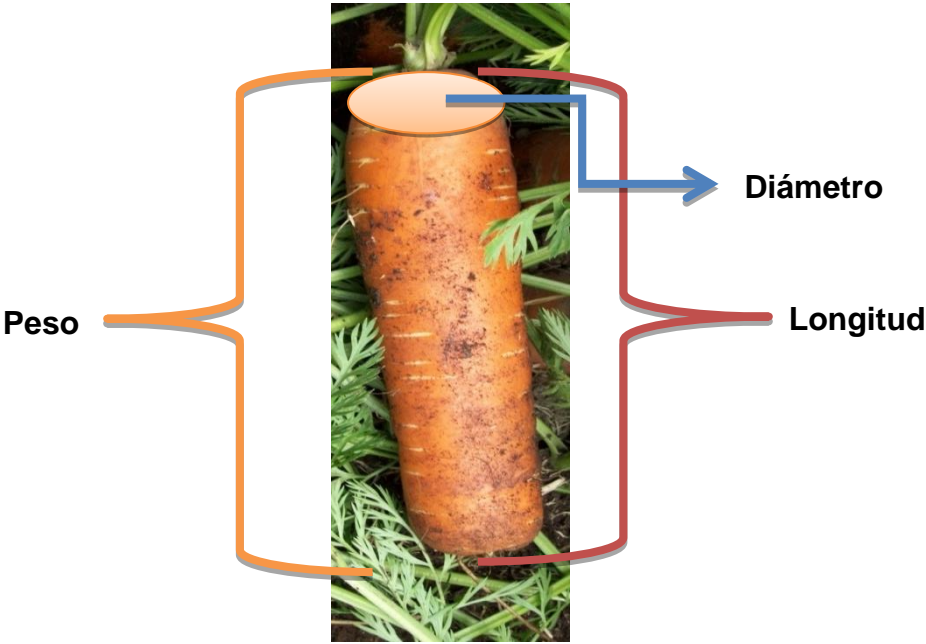
- Richamod, Fernando. (2010). Cambios en las características de calidad de 12 híbridos comerciales de zanahoria durante el almacenamiento. *Agronomía Costarricense*.
- Sitún, M. A. (2008). Investigación agrícola. Villa Nueva, Guatemala. ENCA.
- Sata. (2014). Iprodione. Obtenido de http://www.laguiasata.com/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=100:iprodione&catid=43:principios-activos&Itemid=54
- Smith May, A. (2007). Caracterización, análisis espacial y manejo integral del moho blanco (*Sclerotinia minor* Jagger y *S. sclerotiorum* (Lib) de Bary) en lechuga batavia (*Lactuca sativa* L. var. capitata L.) en la Vereda la Moya (COTACUNDINAMARCA). Requisito para optar al título de Microbiólogo Agrícola y Veterinario. Bogotá, D.C. Universidad Javeriana.

11. ANEXOS

Anexo 1. Raíz del cultivo de zanahoria con presencia de micelio algodonoso de *Sclerotinia sclerotiorum*.



Anexo 2. Forma de medición de las variables dependientes.



Anexo 3. Costo de producción de la aplicación del tratamiento uno, que combina *Trichoderma*, biofumigante y solarizado.

	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Total/ha
Ingresos				
Producción de raíz de zanahoria	1	cuerda	Q 3000.00	Q 63000.00
Total de ingresos netos				Q 63000.00
Egreso				
Costos fijos				
Arrendamiento de tierra	1	cuerda	Q 200.00	Q 4200.00
Total de costos fijos				Q 4200.00
Costos variable				
Mano de Obra				
Labranza	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de tratamiento	8	jornal/cuerda	Q 480.00	Q 10080.00
Presiembra	1	jornal/cuerda	Q 60.00	Q 1260.00
Siembra	2	jornal/cuerda	Q 120.00	Q 2520.00
Distanciamiento	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de fumigantes	14	horas	Q 105.00	Q 2205.00
Insumos				
Conidias de <i>Trichoderma</i>	76.19	gramos/cuerda	Q 630.66	Q 13244.00
Materia prima de biofumigante	52.5	kg	Q 450.00	Q 9450.00
Nylon transparente (solarizado)	480	m ²	Q 1200.00	Q 25200.00
Semillas de zanahoria	3	sobres	Q 630.00	Q 13230.00
Pesticidas	8	kg	Q 590.00	Q 12390.00
Fertilizante químico	50	kg	Q 285.00	Q 5985.00
Fertilizante orgánico	31.25	kg	Q 120.00	Q 2520.00
Transporte				
Transporte de materiales	6	viajes	Q 150.00	Q 3150.00
Total de costos variables				Q 104384.00
Total de Egresos				Q 108584.00
Relación beneficio/costo				0.60

Anexo 4. Costo de producción de la aplicación del tratamiento dos que combina *Trichoderma* y biofumigante.

	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Total/ha
Ingresos				
Producción de raíz de zanahoria	1	cuerda	Q 3000.00	Q 63000.00
Total de ingresos netos				Q 63000.00
Egreso				
Costos fijos				
Arrendamiento de tierra	1	cuerda	Q 200.00	Q 4200.00
Total de costos fijos				Q 4200.00
Costos variable				
Mano de Obra				
Labranza	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de tratamiento	6	jornal/cuerda	Q 360.00	Q 7560.00
Presiembra	1	jornal/cuerda	Q 60.00	Q 1260.00
Siembra	2	jornal/cuerda	Q 120.00	Q 2520.00
Distanciamiento	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de fumigantes	14	horas	Q 105.00	Q 2205.00
Insumos				
Conidias de <i>Trichoderma</i>	76.19	gramos/cuerda	Q 630.66	Q 13244.00
Materia prima de biofumigante	52.5	kg	Q 450.00	Q 9450.00
Semillas de zanahoria	3	sobres	Q 630.00	Q 13230.00
Pesticidas	8	kg	Q 590.00	Q 12390.00
Fertilizante químico	50	kg	Q 285.00	Q 5985.00
Fertilizante orgánico	31.25	kg	Q 120.00	Q 2520.00
Transporte				
Transporte de materiales	5	viajes	Q 125.00	Q 2625.00
Total de costos variables				Q 76664.00
Total de Egresos				Q 80864.00
Relación beneficio/costo				0.82

Anexo 5. Costo de producción de la aplicación del tratamiento tres, que combina *Trichoderma* y solarizado.

	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Total/ha
Ingresos				
Producción de raíz de zanahoria	1	cuerda	Q 3000.00	Q 63000.00
Total de ingresos netos				Q 63000.00
Egreso				
Costos fijos				
Arrendamiento de tierra	1	cuerda	Q 200.00	Q 4200.00
Total de costos fijos				Q 4200.00
Costos variable				
Mano de Obra				
Labranza	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de tratamiento	7	jornal/cuerda	Q 420.00	Q 8820.00
Presiembra	1	jornal/cuerda	Q 60.00	Q 1260.00
Siembra	2	jornal/cuerda	Q 120.00	Q 2520.00
Distanciamiento	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de fumigantes	14	horas	Q 105.00	Q 2205.00
Insumos				
Conidias de <i>Trichoderm</i>)	76.19	gramos/cuerda	Q 630.66	Q 13244.00
Nylon transparente (solarizado)	480	m ²	Q 1200.00	Q 25200.00
Semillas de zanahoria	3	sobres	Q 630.00	Q 13230.00
Pesticidas	8	kg	Q 590.00	Q 12390.00
Fertilizante químico	50	kg	Q 285.00	Q 5985.00
Fertilizante orgánico	31.25	Kg	Q 120.00	Q 2520.00
Transporte				
Transporte de materiales	5	viajes	Q 125.00	Q 2625.00
Total de costos variables				Q 93674.00
Total de Egresos				Q 97874.00
Relación beneficio/costo				0.67

Anexo 6. Costo de producción de la aplicación de conidias de *Trichoderma* sp. para el tratamiento cuatro.

	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Total/ha
Ingresos				
Producción de raíz de zanahoria	1	cuerda	Q 3000.00	Q 63000.00
Total de ingresos netos				Q 63000.00
Egreso				
Costos fijos				
Arrendamiento de tierra	1	cuerda	Q 200.00	Q 4200.00
Total de costos fijos				Q 4200.00
Costos variable				
Mano de Obra				
Labranza	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de tratamiento	1	jornal/cuerda	Q 60.00	Q 1260.00
Presiembra	1	jornal/cuerda	Q 60.00	Q 1260.00
Siembra	2	jornal/cuerda	Q 120.00	Q 2520.00
Distanciamiento	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de fumigantes	14	horas	Q 105.00	Q 2205.00
Insumos				
Conidias de <i>Trichoderma</i>	76.19	gramos/cuerda	Q 630.66	Q 13244.00
Semillas de zanahoria	3	sobres	Q 630.00	Q 13230.00
Pesticidas	8	kg	Q 590.00	Q 12390.00
Fertilizante químico	50	kg	Q 285.00	Q 5985.00
Fertilizante orgánico	31.25	kg	Q 120.00	Q 2520.00
Transporte				
Transporte de materiales	3	viajes	Q 75.00	Q 1575.00
Total de costos variables				Q 60914.00
Total de Egresos				Q 65114.00
Relación beneficio/costo				1.03

Anexo 7. Costo de aplicación del tratamiento químico en la producción del cultivo de zanahoria.

	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Total/ha
Ingresos				
Producción de raíz de zanahoria	1	cuerda	Q 3000.00	Q 63000.00
Total de ingresos netos				Q 63000.00
Egreso				
Costos fijos				
Arrendamiento de tierra	1	cuerda	Q 200.00	Q 4200.00
Total de costos fijos				Q 4200.00
Costos variable				
Mano de Obra				
Labranza	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de tratamiento	1	jornal/cuerda	Q 60.00	Q 1260.00
Presiembra	1	jornal/cuerda	Q 60.00	Q 1260.00
Siembra	2	jornal/cuerda	Q 120.00	Q 2520.00
Distanciamiento	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de fumigantes	14	horas	Q 105.00	Q 2205.00
Insumos				
Iprodione (ingrediente activo)	400	gramos/cuerda	Q 240.00	Q 5040.00
Semillas de zanahoria	3	sobres	Q 630.00	Q 13230.00
Pesticidas	8	kg	Q 590.00	Q 12390.00
Fertilizante químico	50	kg	Q 285.00	Q 5985.00
Fertilizante orgánico	31.25	kg	Q 120.00	Q 2520.00
Transporte				
Transporte de materiales	2	viajes	Q 50.00	Q 1050.00
Total de costos variables				Q 52710.00
Total de Egresos				Q 56910.00
Relación beneficio/costo				1.20



Anexo 8. Costo de producción del cultivo de zanahoria sin la aplicación de alguna alternativa de control de *Sclerotinia* (tratamiento seis).

	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Total/ha
Ingresos				
Producción de raíz de zanahoria	1	cuerda	Q 1500.00	Q 31500.00
Total de ingresos netos				Q 31500.00
Egreso				
Costos fijos				
Arrendamiento de tierra	1	cuerda	Q 200.00	Q 4200.00
Total de costos fijos				Q 4200.00
Costos variable				
Mano de Obra				
Labranza	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Presiembra	1	jornal/cuerda	Q 60.00	Q 1260.00
Siembra	2	jornal/cuerda	Q 120.00	Q 2520.00
Distanciamiento	2.5	jornal/cuerda	Q 150.00	Q 3150.00
Aplicación de fumigantes	14	horas	Q 105.00	Q 2205.00
Insumos				
Semillas de zanahoria	3	sobres	Q 630.00	Q 13230.00
Pesticidas	8	kg	Q 590.00	Q 12390.00
Fertilizante químico	50	kg	Q 285.00	Q 5985.00
Fertilizante orgánico	31.25	kg	Q 120.00	Q 2520.00
Transporte				
Transporte de materiales	2	viajes	Q 50.00	Q 1050.00
Total de costos variables				Q 46410.00
Total de Egresos				Q 50610.00
Relación beneficio/costo				0.68

Anexo 9. Base de datos recopilados de campo de acuerdo a cada tratamiento aplicado y analizado en la producción del cultivo de zanahoria, Llano del Pinal, Quetzaltenango, 2013.

Tratamientos	I	II	III	IV
	Diámetro			
1	5.50	5.20	3.80	5.30
2	4.67	4.58	3.87	4.16
3	4.63	5.33	5.18	4.04
4	5.14	4.47	3.93	3.95
5	5.39	5.14	3.79	4.53
6	2.63	2.84	3.03	2.48
	Altura de planta			
1	33.80	27.40	35.50	28.00
2	24.60	26.70	35.30	32.40
3	32.10	27.20	28.20	30.50
4	30.00	26.50	33.10	39.00
5	29.90	26.60	31.00	34.60
6	13.80	13.60	12.90	18.30
	Longitud de raíz			
1	20.10	21.60	18.80	26.20
2	20.90	16.20	20.70	18.70
3	20.80	23.80	23.10	19.00
4	21.30	19.10	19.80	19.60
5	22.70	22.70	18.10	19.70
6	10.30	11.10	11.10	13.50
	Peso ton/ha			
1	115.92	95.76	95.76	131.04
2	115.92	73.08	131.04	179.42
3	110.88	120.96	55.54	136.08
4	124.99	118.94	120.96	146.16
5	140.11	131.04	141.12	206.64
6	73.58	64.01	74.59	39.31

Anexo 10. Informe del resultado del análisis de la muestra de raíces de zanahoria con presencia de *Sclerotinia*, Labor Ovalle Mayo 2016.



Memorándum LPV-VI 01-2016

Labor Ovalle, 16 de mayo de 2016

Br. José Luis López Guzmán
Estudiante de Ciencias Agrícolas y Ambientales
URL. Presente.

Ing. Roberto A. Morales
Encargado del Laboratorio de Protección Vegetal

ASUTO: INFORME DE ANALISIS EFECTUADO:

Por esta vía informo a usted, los resultados del análisis efectuado en muestra de raíces de zanahoria, traídas a este Laboratorio agosto del 2010, las cuales según análisis microscópico indican *Sclerotinia sclerotiorum*.

OBSERVACIONES: patógeno con muchas dificultades para el control, no hay variedades resistentes, ni métodos recién validados para el control de esta destructiva enfermedad.

Atentamente

INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS
Oficinas Centro regional: Km.3.5 Carretera al Olintepeque, Quetzaltenango; TEL.: (502)77639516;
www.icta.gob.gt